



PATENT
ATTORNEY DOCKET NO.: 051626-5002

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Haruo HARADA, et al.

Application No.: 10/614,121

Filed: July 8, 2003

For: LIGHT MODULATION MEDIUM AND
LIGHT MODULATION METHOD

Group Art Unit: 2871

Examiner: Unassigned

Commissioner for Patents
Arlington, VA 22202

CLAIM FOR PRIORITY

Under the provisions of 35 U.S.C. §119, Applicants' hereby claim the benefit of the filing date of **Japanese** Patent Application No. 2002-370123 filed December 20, 2002 for the above-identified United States Patent Application.

In support of Applicants' claim for priority, filed herewith is a certified copy of the Japanese application.

Respectfully submitted,

MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP

Robert J. Goodell
Reg. No. 41,040

Dated: October 9, 2003

MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP
1111 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20004
(202)739-3000

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月20日
Date of Application:

出願番号 特願2002-370123
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2002-370123]

出願人 富士ゼロックス株式会社
Applicant(s):

2003年 9月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3074195

【書類名】 特許願

【整理番号】 FE02-01852

【提出日】 平成14年12月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/01

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県海老名市本郷 2 2 7 4 番地 富士ゼロックス株式会社 海老名事業所内

 【氏名】 原田 陽雄

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県海老名市本郷 2 2 7 4 番地 富士ゼロックス株式会社 海老名事業所内

 【氏名】 有沢 宏

【特許出願人】

 【識別番号】 000005496

 【氏名又は名称】 富士ゼロックス株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100094330

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山田 正紀

【選任した代理人】

 【識別番号】 100079175

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小杉 佳男

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 017961

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9507079

【包括委任状番号】 9507078

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光変調媒体および光変調方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一对の基板間に、所定の電界の印加により電気光学特性が変化するコレステリック液晶からなる複数の光変調層が積層された光変調素子を有する光変調媒体であって、

前記光変調素子の第 1 の光変調層および第 2 の光変調層は、配向状態がプレーナからフォーカルコニックに遷移する個別の閾値電界相互の比が 0.3 以上であり、かつ配向状態がプレーナにおける個別の誘電率相互の比が 4 以上であることを特徴とする光変調媒体。

【請求項 2】 前記複数の光変調層のうち、少なくとも 1 つの光変調層を形成するコレステリック液晶は、正の誘電率異方性を有する液晶化合物と負の誘電率異方性を有する液晶化合物とが混合されたものであって、正の誘電率異方性を有するものであることを特徴とする請求項 1 記載の光変調媒体。

【請求項 3】 前記負の誘電率異方性を有する液晶化合物は、液晶分子の短軸方向に極性基を有するものであって、該短軸方向の極性基のうちの少なくとも 1 つは、シアノ基であることを特徴とする請求項 2 記載の光変調媒体。

【請求項 4】 前記複数の光変調層それぞれを形成するコレステリック液晶は、入射された光のうち特定の波長域の光を選択反射するものであって、該波長域相互が異なるものであることを特徴とする請求項 1 記載の光変調媒体。

【請求項 5】 前記一对の基板それぞれの内面に電極が形成されたものであって、

前記複数の光変調層は、前記電極間に積層されたものであることを特徴とする請求項 1 記載の光変調媒体。

【請求項 6】 前記光変調素子は、電極間に前記複数の光変調層が積層されるとともに、該電極間に、光の照射により抵抗値が変化する光導電層が積層されたものであることを特徴とする請求項 5 記載の光変調媒体。

【請求項 7】 一对の基板それぞれの内面に形成された電極間に、所定の電界の印加により配向状態が変化するコレステリック液晶からなる複数の光変調層が

積層された光変調素子を有する光変調媒体であって、

前記複数の光変調層のうち、第 1 の光変調層および第 2 の光変調層は、配向状態がプレーナからフォーカルコニックに遷移する個別の閾値電圧相互の比が 0.3 以上であり、かつ配向状態がプレーナにおける個別の誘電率相互の比が 4 以上である光変調媒体を用意し、

前記光変調媒体の、前記電極間に、前記複数の光変調層の配向状態を変化させる、複数の電圧を順次印加し、該複数の光変調層それぞれをプレーナ、又はフォーカルコニックに遷移させることにより、該複数の光変調層それぞれの電気光学特性の組み合わせに応じた色調を表示させることを特徴とする光変調方法。

【請求項 8】前記複数の光変調層それぞれを形成するコレステリック液晶は、入射された光のうち特定の波長域の光を選択反射するものであって、該波長域相互が異なるものであることを特徴とする請求項 7 記載の光変調方法。

【請求項 9】前記光変調媒体は、前記電極間に前記複数の光変調層とともに、光の照射により抵抗値が変化する光導電層が積層されたものであって、

前記電極間への前記複数の電圧の印加にあわせて、該光導電層に所定光量の光を照射することにより該複数の光変調層それぞれの電気光学特性の組み合わせに応じた色調を表示させることを特徴とする光変調方法。

【請求項 10】前記光変調媒体は、前記光変調素子に加えて、1 対の電極間に少なくとも 1 つの前記光変調層と前記光導電層とが積層された光変調素子を備えるものであって、該光導電層相互に波長域が異なる前記光を照射することを特徴とする請求項 9 記載の光変調方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の光変調層が積層された光変調素子を有し、それらの光変調素子に印加される電界を制御することにより光変調層それぞれの光学特性を変化させる光変調媒体および光変調方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、紙パルプの原料である森林資源の破壊や、ごみの廃却、焼却による環境汚染などから、オフィスを中心とする大量の紙の消費が問題になっている。しかしながら、パーソナルコンピュータの普及、インターネットを始めとする情報化社会の発達により、電子情報の一時的な閲覧を目的とする、いわゆる短寿命文書としての紙の消費は、益々増加する傾向にあり、紙に代わる書き換え可能な表示媒体の実現が望まれている。

【0003】

そこで、無電源でのメモリ性を有し、外部装置によって短時間で画像を書き換えることができる、フルカラー表示可能な表示記憶媒体とその画像書き込み方法および画像書き込み装置が提案されている（特許文献1参照）。

【0004】

この先願の発明では、表示記憶媒体として、一対の基板間に、それぞれ異なる色光を選択反射し、外部から印加される書き込み信号に対して、互いにしきい値電圧が異なるコレステリック液晶からなる複数の表示層を積層している。画像書き込み装置は、表示記憶媒体と別体に形成し、表示記憶媒体を挟持する一対の書き込み電極と駆動回路を設ける。リフレッシュ期間およびセレクト期間と、その後の無電圧の表示期間とによって構成され、リフレッシュ期間およびセレクト期間での印加電圧 V_r および V_s が、 $V_r > V_s$ の関係をもって、各表示層のコレステリック液晶のしきい値電圧を境界とする複数の電圧から選定された電圧となる書き込み信号を電極間に印加し、画像を表示する。

【0005】

【特許文献1】

特開 2001-154219 号（段落番号 0093～段落番号 0107、図 6～図 12）

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許文献1に開示された方法で、複数の光変調層それぞれにコントラストの高い表示を行わせるためには、複数の光変調層相互の動作マージンを大きくする必要がある。

【0007】

光変調層が2層積層された光変調素子に電圧を印加した場合の、各光変調層相互の動作マージン V_m は、各光変調層がプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ遷移するときの正規化反射率が90%になる電圧を V_{pf90} 、正規化反射率が10%になる電圧を V_{pf10} とし、プレーナー状態からフォーカルコニック状態へ遷移するときの閾値電圧が大きい光変調層をB、閾値電圧が小さい光変調層をAとすれば、次の関係式から求めることができる。

$$2 \times (B \text{ の } V_{pf90} - A \text{ の } V_{pf10}) / (B \text{ の } V_{pf90} + A \text{ の } V_{pf10})$$

そして、この V_m は、正であることが好ましい。

【0008】

しかしながら、光変調素子に複数の光変調層が積層された状態で、光変調層相互の動作マージンを実測することは困難である。そこで、動作マージンを、光変調素子として積層される前の状態の、光変調層個別の閾値電界等に帰納させ、積層される光変調層それぞれが、帰納された所定の閾値等を有するように設計できれば、積層された状態における光変調層相互の動作マージンを所定の範囲内に収めることができる。

【0009】

なお、各光変調層を正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶で構成する場合、各光変調層がプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ遷移するときの動作マージンが、各光変調層がフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態へ遷移するときの動作マージンより小さくなるため、前者の動作マージンに着目する必要がある。

【0010】

本発明は、上記の事情に鑑み、動作マージンを規定する、光変調層個別のパラメータを最適化することにより表示のコントラストを高めることが可能な、光変調層が複数積層された光変調素子を有する光変調媒体および光変調方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の光変調媒体は、一対の基板間に、所定の電界の印加により電気光学特性が変化するコレステリック液晶からなる複数の光変調層が積層された光変調素子を有する光変調媒体であって、

上記光変調素子の第 1 の光変調層および第 2 の光変調層は、配向状態がプレーナからフォーカルコニックに遷移する個別の閾値電界相互の比が 0.3 以上であり、かつ配向状態がプレーナにおける個別の誘電率相互の比が 4 以上であることを特徴とする。

【0 0 1 2】

このように、複数積層される光変調層相互の閾値電界比、誘電率比が最適化されることにより、光変調媒体は所定の動作マージンが確保されるので、表示のコントラストを高めることができる。

【0 0 1 3】

上記目的を達成する本発明の光変調方法は、一対の基板それぞれの内面に形成された電極間に、所定の電界の印加により配向状態が変化するコレステリック液晶からなる複数の光変調層が積層された光変調素子を有する光変調媒体であって、

上記複数の光変調層のうち、第 1 の光変調層および第 2 の光変調層は、配向状態がプレーナからフォーカルコニックに遷移する個別の閾値電界相互の比が 0.3 以上であり、かつ配向状態がプレーナにおける個別の誘電率相互の比が 4 以上である光変調媒体を用意し、

上記光変調媒体の、上記電極間に、上記複数の光変調層の配向状態を変化させる、複数の電圧を順次印加し、該複数の光変調層それぞれをプレーナ、又はフォーカルコニックに遷移させることにより、該複数の光変調層それぞれの配向状態の組み合わせに応じた色調を表示させることを特徴とする。

【0 0 1 4】

このように、複数の光変調層が積層された、動作マージンの高い光変調素子を備える光変調媒体を用いるので、電極間に各種の電圧を印加することにより各光変調層の配向状態を鮮明に変化させるとともに、各光変調層の配向状態の組み合

わせにより、鮮やかな色調を表示することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の光変調媒体および光変調方法の実施形態について説明する。

【0016】

初めに、各実施形態の光変調媒体に備える光変調素子について説明する。

【0017】

各実施形態の光変調媒体に少なくとも1つ備える光変調素子には、複数の光変調層が積層されている。この複数の光変調層が積層された光変調素子の動作マージンを大きくするためには、各光変調層それぞれの積層前の、光学特性が変化する閾値電界が近接する光変調層どうしの閾値電界比、あるいは光変調層それぞれのインピーダンスと膜厚により決まる、光変調層それぞれへの印加電界比を大きくすることにより実現することが可能である。

【0018】

閾値電界比は、複数の光変調層それぞれを単独で構成し、プレーナー状態からフォーカルコニック状態へ遷移するときの閾値電界をそれぞれ求めることによって評価することができる。この閾値電界比は、各光変調層の厚みを同じにした場合には、各光変調層の閾値電圧比として求めることもできる。

【0019】

また、印加電界比は、閾値電界比を求めた、閾値電界相互が接近する光変調層相互のインピーダンスと膜厚を求めることにより評価することができる。比抵抗が大きい液晶材料の場合、この印加電界比は、概ね、各光変調層の誘電率比に帰納させることができ、さらに、各変調層の厚みを同じにした場合には、各光変調層の容量比として求めることもできる。

【0020】

図1は、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶群の平均比誘電率と、閾値電界の目安となる誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ のマイナス1/2乗との関係を示す図である。

【0021】

図1の実線で示すように、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶は、その比誘電率と誘電率異方性に正の相関があるため、比誘電率が大きくなると閾値電界が小さくなる傾向を有する。また、コレステリック液晶を得るためにネマチック液晶に添加されるカイラル成分は、通常希釈剤として作用し、誘電率比を下げる方向に働く。したがって、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶とカイラル成分との混合物を用いたコレステリック液晶では、誘電率比を大きくして印加電界比を大きくすることと、閾値電界比を大きくすることとを両立させることは難しく、動作マージンを大きくするのは困難である。

【0022】

一方、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶に、負の誘電率異方性を有するネマチック液晶を混合する方法によれば、比誘電率と閾値電界との関係を図の点線で示す方向にシフトさせることができる。とくに、ダイポールモーメントが大きいシアノ基を短軸方向に有するネガネマチック液晶は、大きい比誘電率と、大きい負の誘電率異方性をもつため、上述した添加効果が大きい。

【0023】

そこで、光変調素子に積層される光変調層として、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶と、負の誘電率異方性を有するネマチック液晶とを混合した材料に、カイラル成分を添加したコレステリック液晶を用い、その正の誘電率異方性を有するネマチック液晶と、負の誘電率異方性を有するネマチック液晶との混合割合を変化させて、各種の正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶を作成し、そのコレステリック液晶がプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ遷移するときの閾値電界、およびプレーナー状態における比誘電率をそれぞれ単独のセルで実測し、閾値電界が接近するコレステリック液晶相互の閾値電界比、誘電率比、および各セルを直列接続して測定した電気光学応答から、相互の動作マージンを求める。

【0024】

そして、動作マージンが正の値を取るコレステリック液晶群により光変調素子の各光変調層を形成し、それらの光変調素子を用いて各実施形態の光変調媒体を構成する。

【0025】

図2は、各種の正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶を用いて形成した、単独の光変調層からなる光変調素子の閾値電圧 V_{pf} (V) と、1kHzにおける静電容量 C (nF) の実測結果を示す図である。なお、各光変調層の膜厚を一定としているため、比誘電率の代わりに静電容量を、閾値電界の代わりに閾値電圧を測定している。

【0026】

図中の、レッド色を選択反射するコレステリック液晶は、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶（メルク社製ZLI3806）を84.0質量%、カイラル成分1（メルク社製R811）を12.8質量%、カイラル成分2（メルク社製R1011）を3.2質量%混合したものである。また、各例は、グリーン色を選択反射するコレステリック液晶であり、それぞれの例のうち、

実施例1は、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶（セイミケミカル社製）を95.0質量%、負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック液晶（1-n-ブトキシ-4-（4'-トランス-n-ペンチルシクロヘキシルカルボキシ）-2,3-ジシアノベンゼン）を5.0質量%それぞれ混合し、この混合物に対して、カイラル成分1（メルク社製R811）を14.4質量%、カイラル成分2（メルク社製R1011）を3.6質量%それぞれ混合したものである。

【0027】

実施例2は、実施例1における負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック液晶の添加量を10質量%としたものである。

【0028】

実施例3は、実施例1における負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック液晶の添加量を、15質量%としたものである。

【0029】

実施例4は、実施例1における負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック液晶の添加量を、20質量%としたものである。

【0030】

比較例1は、実施例1における負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック

ク液晶が添加されないものである。

【0031】

比較例 2 は、実施例 1 における正の誘電率異方性を有するネマチック液晶（メルク社製 ZLI4389）を 85.0 質量%、カイラル成分 1（メルク社製 R811）を 12.0 質量%、カイラル成分 2（メルク社製 R1011）を 3.0 質量%それぞれ混合したものである。

【0032】

【表 1】

	閾値電界比	誘電率比	動作マージン V_m
実施例 1	0.315 ○	4.04 ○	0.009
実施例 2	0.388 ○	4.72 ○	0.247
実施例 3	0.456 ○	5.18 ○	0.438
実施例 4	0.531 ○	5.53 ○	0.515
比較例 1	0.253	4.40 ○	-0.234
比較例 2	0.352 ○	3.10	-0.241

【0033】

表 1 は、図 2 に示した、レッド色を選択反射するコレステリック液晶を基準とする、各例の、静電容量、閾値電圧の実測結果から求めた閾値電界比（グリーン各例の V_{pf} / レッドの V_{pf} ）、誘電率比（グリーンの各例の静電容量 / レッドの静電容量）、および各セルを直列接続して測定した電気光学応答から求めた動作マージン V_m を示す表である。

【0034】

ここで、動作マージン V_m は、各光変調層の正規化反射率が 90% 以上、あるいは 10% 以下の状態を、飽和レベルの反射状態、あるいは飽和レベルの透過状態と仮定し、レッド色を選択反射するコレステリック液晶の正規化反射率が 90% となる電圧を V_{r90} 、グリーン色を選択反射するコレステリック液晶の正規化反射率が 10% となる電圧を V_{g10} とすれば、次式で求めることができる。

$$V_m = 2 \times (V_{g90} - V_{r10}) / (V_{r90} + V_{g10})$$

表 1 からわかるように、動作マージンは、実施例 1 から実施例 4 において正の値をもち、比較例 1 および比較例 2 において負の値をもち、動作マージンが正の

値をもつのは、閾値電界比が 0. 3 以上であり、かつ誘電率比が 4. 0 以上であればよいことがわかる。

【0 0 3 5】

次に、本発明の光変調媒体および光変調方法の実施形態について説明する。

(第 1 の実施形態)

図 3 は、第 1 の実施形態の光変調媒体および光変調方法に用いる書き込み装置を示す図である。

【0 0 3 6】

図 3 に示す光変調媒体 1 は、電極 5、6 が内面に形成された基板 3、4 間に、読み出し光 1 2 A を反射する光変調層 8 A と、読み出し光 1 2 B を反射する光変調層 8 B と、光吸収層 7 とが積層された 1 つの光変調素子 1 a により構成されている。

【0 0 3 7】

本実施形態の光変調方法に用いる書き込み装置 2 は、光変調媒体 1 の電極 5、6 間にバイアス電圧 1 1 を印加する電圧印加部 1 0 と、光変調媒体 1 に書き込む光変調パターンに応じて、電圧印加部 1 0 を制御する制御部 9 とにより構成されている。

【0 0 3 8】

そして光変調媒体 1 の電極 5、6 は、書き込み装置 2 の電圧印加部 1 0 のバイアス電圧 1 1 を印加する端子に接続され、制御部 9 に制御された電圧が印加されるように構成されている。

【0 0 3 9】

光変調媒体 1 の基板 3、4 は、絶縁性を有する、ガラスやシリコン、またはポリエチレンテレフタレート、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネートなどの高分子フィルムを用いて形成され、基板 3 は少なくとも読み出し光 1 2 A、1 2 B に対して光透過性を有するように構成されている。また必要に応じて、基板 3 および 4 の表面に、防汚膜、耐磨耗膜、光反射防止膜、ガスバリア膜など公知の機能性膜を形成してもよい。

【0 0 4 0】

バイアス電極 5、6 は、導電性を有する、金やアルミなどの金属薄膜、酸化インジウムや酸化スズなどの金属酸化物、またはポリピロール、ポリアセチレン、ポリアニリンなどの導電性有機高分子を用いて形成され、電極 5 は少なくとも読み出し光 12A、12B に対して光透過性を有するように構成されている。また必要に応じて、その表面に、液晶配向膜、密着力改善膜、光反射防止膜、ガスバリア膜など公知の機能性膜を形成してもよい。

【0041】

光吸収層 7 は、絶縁性を有する、カドミウム系、クロム系、コバルト系、マンガ系、カーボン系などの無機顔料、またはアゾ系、アントラキノン系、インジゴ系、トリフェニルメタン系、ニトロ系、フタロシアニン系、ペリレン系、ピロロピロール系、キナクリドン系、多環キノ系、スクエアリウム系、アズレニウム系、シアニン系、ピリリウム系、アントロン系などの有機染料や有機顔料、あるいはこれらを高分子バインダーに分散した材料を用いて形成され、少なくとも読み出し光 12A、12B の波長域に対して、光吸収性を有するように構成される。

【0042】

光変調層 8A、8B は、少なくともコレステリック液晶（カイラルネマチック液晶、もしくはカイラルスメクチック液晶）からなるが、コレステリック液晶のみからなる構造のほか、液晶の連続相中に網目状の高分子を含む構造、液晶を高分子バインダ骨格中にドロップレット状に分散した構造、液晶を高分子シェルで包んでマイクロカプセル化した構造、マイクロカプセル化した液晶を高分子のバインダ骨格中に分散した構造とすることができる。

【0043】

ここで、コレステリック液晶のみからなる構造や結晶の連続相中に網目状の高分子を含む構造を用いる場合には、光変調層 8A、8B を構成するコレステリック液晶の混合を防止するため、光変調層 8A、8B の間に、基板 3、4 と同様の材料で形成された分離基板を挿入するとともに、各光変調層 8A、8B の厚みを規定するため、各光変調層 8A、8B 内にガラスや高分子などからなるボール型またはシリンドラー型のスペーサを混入させたり、基板 3、4 あるいは分離基板上

に、高分子などからなる突起物を形成することが好ましい。

【0044】

光変調層 8A、8B を構成するコレステリック液晶として、ステロイド系コレステロール誘導体、あるいはシッフ塩基系、アゾ系、エステル系、ビフェニル系などの光学活性材料からなるカイラル成分を、シッフ塩基系、アゾ系、アゾキシ系、安息香酸エステル系、ビフェニル系、ターフェニル系、シクロヘキシルカルボン酸エステル系、フェニルシクロヘキサン系、ビフェニルシクロヘキサン系、ピリミジン系、ジオキサン系、シクロヘキシルシクロヘキサンエステル系、シクロヘキシルエタン系、シクロヘキサン系、トラン系、アルケニル系、スチルベン系、縮合多環系などのネマチック液晶やスメクチック液晶、またはこれらの混合液晶に添加した材料を用いることができ、さらに、光変調層 8A、8B のうち、比誘電率が大きい方の光変調層に、例えば、図 11 に示すような、分子短軸方向にシアノ基を有し、負の誘電率異方性をもつ化合物を混合し、全体として誘電率異方性が正になるように構成する。そして、光変調層 8A は、プレーナ状態からフォーカルコニック状態に遷移する閾値電圧比が 0.3 以上、かつプレーナ状態における誘電率比が 4 以上となるように設定されている。

【0045】

ここで、コレステリック液晶はダイレクタがらせんを描くように分子配列しており、入射した光のうち、電場ベクトルの描く空間軌跡が液晶分子の回転方向と一致し、液晶内部での伝播波長がらせんピッチに等しい円偏光成分を干渉反射する選択反射現象を起こす。らせん軸方向から入射した光に対して、反射光の中心波長 λ 、および反射波長幅 $\Delta\lambda$ は、らせんピッチを p 、らせん軸に直交する平面内の平均屈折率を n 、複屈折率を Δn とすると、それぞれ $\lambda = n \cdot p$ 、 $\Delta\lambda = \Delta n \cdot p$ で表される。反射波長が可視領域になるようにらせんピッチを調整すると、コレステリック液晶からなる光変調層は鮮やかな色を呈する。コレステリック液晶のらせんピッチは、その化学構造、あるいはカイラル成分とネマチック液晶やスメクチック液晶との混合割合で調整することができる。なお、カイラル成分とネマチック液晶やスメクチック液晶を混合する場合、これらの溶解性が低く、所望の選択反射波長が得られない場合には、複数のカイラル成分を添加する公知

の手法を用いてもよい。また、コレステリック液晶のらせんピッチの温度依存性を補償するために、捩じれ方向が異なる、または逆の温度依存性を示す複数のカイラル成分を添加する公知の手法を用いてもよい。

【0046】

正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶は、図4（A）に示すように、らせん軸がセル表面にほぼ垂直になり、入射光に対して上記の選択反射現象を起こすプレーナー、図4（B）に示すように、らせん軸がセル表面にほぼ平行になり、入射光を少し前方散乱させながら透過させるフォーカルコニック、および図4（C）に示すように、らせん構造がほどけて液晶ダイレクタが電界方向を向き、入射光をほぼ完全に透過させるホメオトロピック、の3つの状態を示す。

【0047】

3つの状態のうち、プレーナーとフォーカルコニックは、無電圧で双安定に存在することができる。したがって、コレステリック液晶の配向状態は、光変調層に印加される電圧に対して一義的に決まらず、初期状態がプレーナーの場合には、印加電圧の増加に伴って、プレーナー（p）、フォーカルコニック（f）、ホメオトロピック（h）の順に変化し、初期状態がフォーカルコニックの場合には、印加電圧の増加に伴って、フォーカルコニック、ホメオトロピックの順に変化する。一方、光変調層に印加した電圧を急激にゼロにした場合には、プレーナーとフォーカルコニックはそのままの状態を維持し、ホメオトロピックはプレーナーに変化する。

【0048】

本実施形態では、光変調媒体が一对の基板の内面それぞれに形成された電極を有するが、必ずしも光変調媒体が電極を備える必要はない。その場合、書き込み装置に1対の基板を挟む電極を備え、その電極に所定の電圧を印加することにしてもよい。

【0049】

図5は、パルス電圧が印加された直後のコレステリック液晶の光学特性を示す模式図である。

【0050】

図5において、縦軸は、最大反射率を100、最小反射率を0として、正規化した正規化反射率であり、横軸は、印加されるパルス電圧である。

【0051】

図中の実線で示す曲線は、パルス電圧が印加された直後のコレステリック液晶の光学特性をあらわし、印加されたパルス電圧が、閾値電圧 V_{fh} 以上のときにはホメオトロピックからプレーナーに変化した選択反射状態となり、電圧 V_{pf} と電圧 V_{fh} の間にあるときは、フォーカルコニックによる透過状態となり、電圧 V_{pf} 以下のときには、パルス電圧印加前の状態、すなわちプレーナーによる選択反射状態またはフォーカルコニックによる透過状態が継続される。

【0052】

このように、プレーナー、フォーカルコニックおよびホメオトロピックの各状態間には、遷移領域が存在するため、正規化反射率が50以上の場合を選択反射状態、正規化反射率が50以下の場合を透過状態と定義し、プレーナーからフォーカルコニックへのしきい値電圧を V_{pf} とし、フォーカルコニックからホメオトロピックへのしきい値電圧を V_{fh} とする。

【0053】

図6は、本実施形態の光変調媒体の等価回路を示す図である。

【0054】

図6において、 Z_E は、光変調層8A、8B以外の構成要素の等価インピーダンスをあらわし、図3に示した、本実施形態の光変調媒体の電極5、6および光吸収層7のインピーダンスの和に相当する。このインピーダンス Z_E は、等価静電容量 C_E と等価抵抗 R_E の並列回路で近似することができる。 V_E は、書き込み装置2から光変調媒体1のバイアス電極5、6間にバイアス電圧 V が印加された場合に、インピーダンス Z_E に印加される電圧をあらわす。 Z_A 、 Z_B 、 Z_D は、光変調層8A、光変調層8B、および光変調層全体のインピーダンスそれぞれをあらわし、各光変調層は、それぞれ静電容量 C_A 、 C_B と抵抗 R_A 、 R_B の並列回路で近似できる。 V_A 、 V_B 、 V_D は、書き込み装置2から光変調媒体1の電極5、6間にバイアス電圧 V が印加された場合に、これら光変調層8A、光変調層8B、および光変調層全体にそれぞれ印加される電圧をあらわす。なお、各光変調層を

構成するコレステリック液晶が誘電率異方性を有することから、各光変調層のインピーダンス Z_A 、 Z_B は、液晶の配向状態に依存して変化する。

【0055】

光変調媒体 1 の光変調層全体に電圧 V_D が印加された場合、光変調層 8 A と、光変調層 8 B に印加される電圧 V_A 、電圧 V_B は、次式で与えられる。

$$V_A = (Z_A / Z_D) V_D \quad V_B = (Z_B / Z_D) V_D$$

ここで、 $Z_D = Z_A + Z_B$ である。

【0056】

このように、光変調媒体 1 に対して、書き込み装置 2 から、電極 5、6 間にバイアス電圧 V が印加された場合、各光変調層 8 A、8 B には、分圧 V_A 、 V_B が印加され、それぞれの分圧 V_A 、 V_B に応じて、各光変調層 8 A、8 B のコレステリック液晶の配向状態が変化する。

【0057】

本実施形態の光変調媒体は、光変調層 8 A、光変調層 8 B の誘電率比が 4 以上に設定されインピーダンス比が最適化されているので、光変調層全体に電圧 V_D が印加された場合における光変調層 8 A と光変調層 8 B とは所定の分圧比を有する。また、プレーナ状態からフォーカルコニック状態に移移するそれぞれの閾値電圧の比も 0.3 以上に設定されている。したがって、光変調媒体 1 の電極 5、6 間に印加するバイアス電圧 V を変化させることにより、所定のコントラスト状態を維持しながら各光変調層 8 A、8 B の電気光学応答を変化させることができる。

【0058】

次に、本実施形態の光変調媒体を用いてカラー表示を行う本実施形態の光変調方法について説明する。

【0059】

図 7 は、光変調素子 1 a の光変調層全体に所定の電圧 V_D が印加された場合の、各光変調層 8 A、8 B の電気光学応答を示す模式図である。

【0060】

図 7 において、横軸は、光変調層全体に印加される電圧電圧 V_D 、縦軸は各光

変調層の正規化反射率をあらわしている。

【 0 0 6 1 】

本実施形態の光変調素子 1 a は、光変調層相互の分圧比と閾値電圧比とが所定の値をもつように制御されているので、各光変調層 8 A、8 B の、それぞれのプレーナーからフォーカルコニックへの閾値電圧 V_{pf} 、およびそれぞれのフォーカルコニックからホメオトロピックへの閾値電圧 V_{fh} が、各光変調層間の大小関係が同じになるようにシフトする。

【 0 0 6 2 】

いま、閾値電圧が大きい光変調層を H 層、小さい光変調層を L 層とし、光変調層全体に印加される電圧を変化させた場合に、各光変調層に印加される分圧によって、

L 層が V_{pf} 以下となる電圧を V_a 、

L 層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつ H 層が V_{pf} 以下となる電圧を V_b 、

H 層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつ L 層が V_{fh} 以上となる電圧を V_c 、

H 層が V_{fh} 以上となる電圧を V_d とする。

【 0 0 6 3 】

そして、図 8 に示すように、書き込み装置 2 から、光変調媒体 1 のバイアス電極 5、6 間に、交流パルス電圧 V_r が印加されるリセット期間 T_r 、交流パルス電圧 V_s が印加されるセレクト期間 T_s 、および無電圧の光変調期間 T_d とにより構成され、 $V_r > V_s$ なる関係を有するバイアス電圧を印加する。

【 0 0 6 4 】

ここで、リセット期間 T_r およびセレクト期間 T_s において印加される交流パルス電圧の周波数はとくに限定されるものではなく、直流パルスでもよい。

【 0 0 6 5 】

図 9 は、リセット期間 T_r およびセレクト期間 T_s において印加される電圧と各光変調層の電気光学状態を示す図である。

【 0 0 6 6 】

図 9 において、リセット期間 T_r においては、光変調層全体に印加される電圧 V_D が、図 7 に示した、 V_c 又は V_d になるように、交流パルス電圧 V_r の大き

さを V_1 に選定して印加し、セレクト期間 T_s においては、光変調層全体に印加される電圧 V_D が、図 7 に示した、 V_a 又は V_b になるように、交流パルス電圧 V_s の大きさを V_2 に選定して印加する。すると、それぞれの組み合わせにおいて、H 層、L 層（／の左側は H 層、右側は L 層）は、図中に、「○」および「●」で表示した配向状態となる。

【0067】

ここで、「○」はプレーナーによる選択反射状態、「●」はフォーカルコニックによる透過状態、をそれぞれ表している。

【0068】

これから明らかなように、本実施形態の光変調媒体を用いる本実施形態の光変調方法によれば、

H 層、L 層がプレーナーの状態、

H 層、L 層がフォーカルコニックの状態、

H 層がプレーナーで、L 層がフォーカルコニックの状態、

H 層がフォーカルコニックで、L 層がプレーナーの状態、

の 4 種類の配向状態を得ることができる。

【0069】

したがって、図 10 に示すように、例えば、光変調層 8A をグリーン (G) の色光を選択反射する H 層、光変調層 8B をレッド (R) の色光を選択反射する L 層とする光変調素子により光変調媒体を形成し、書き込み装置 2 からリセット期間に印加される電圧 V_r とセレクト期間に印加される電圧 V_s とを制御することにより、

$V_r = V_d$ 、 $V_s = V_a$ の印加電圧によって、グリーン (G) とレッド (R) の混色によるイエロー (Y) が表示される状態となり、

$V_r = V_c$ 、 $V_s = V_b$ の印加電圧によって、両層とも透過状態 (T) のブラック (K) が表示される状態となり、

$V_r = V_d$ 、 $V_s = V_b$ の印加電圧によって、グリーン (G) が表示される状態となり、

$V_r = V_c$ 、 $V_s = V_a$ の印加電圧によって、レッド (R) が表示される状態と

なる。

【0070】

このように4つの表示状態を制御することができるので、光変調媒体の画素内に、イエロー、ブラック、グリーン、レッドの、合計4色を表示することができる。

(第2の実施形態)

図12は、第2の実施形態の光変調媒体および光変調方法に用いる書き込み装置とを示す図である。

【0071】

図12に示す光変調媒体1は、電極5、6が内面に形成された基板3、4間に、読み出し光12Aを反射する光変調層8Aと、読み出し光12Bを反射する光変調層8Bと、読み出し光12Cを反射する光変調層8Cと、光吸収層7と、光導電層13とが積層された1つの光変調素子1aにより構成されている。

【0072】

本実施形態の書き込み方法に用いる書き込み装置2は、光変調媒体1の電極5、6間にバイアス電圧11を印加する電圧印加部10と、光変調媒体1の光導電層13に書き込み光を照射する光照射部14と、光変調媒体1に書き込む光変調パターンに応じて、電圧印加部10と光照射部14とを制御する制御部9とにより構成されている。

【0073】

本実施形態の光変調媒体1は、第1の実施形態の光変調媒体と較べて、光導電層13が積層され、光変調層8が3層である点は相違するが、それ以外の点は共通するので、構成要素の重複する説明は省略し、光導電層13について説明する。

【0074】

光導電層13は、書き込み光15の光量に応じてインピーダンスが変化するものであればよく、電荷発生物質を、蒸着法、スパッタ法、イオンプレーティング法、CVD法などによって成膜したもの、電荷発生物質を高分子バインダーに分散し、バーコート法、スピンコート法、ロールコート法、ディップ法、キャスト

イング法などによって塗布したもの、あるいは、これらの電荷発生層に、電荷輸送物質、または電荷輸送物質を高分子バインダーに分散した電荷輸送層を積層したものなどを用いることができる。また、電荷輸送層に整流性がある場合には、電荷輸送層の上下に電荷発生層を設ける構造とすることもできる。

【0075】

電荷発生物質として、 $a-Si$ 、 ZnS 、 ZnO 、 CdS 、 $CdSe$ 、 Se 、 $SeTe$ 、 TiO などの無機材料、フタロシアニン系、アゾ系、多環キノン系、インジゴ系、キナクリドン系、ペリレン系、スクエアリウム系、アズレニウム系、シアニン系、ピリリウム系、アントロン系などの有機材料を用いることができる。

【0076】

電荷輸送物質として、カルバゾール系、トリアゾール系、オキサジアゾール系、イミダゾール系、ピラゾリン系、ヒドラゾン系、スチルベン系、アミン系、ニトロフルオレノン系などの有機材料を用いることができる。

高分子バインダーとして、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリビニルアセテート、ポリビニルブチラール、アクリル、メタクリル、塩化ビニル、酢酸ビニル、これらの共重合体などを用いることができる。

【0077】

本実施形態における光変調媒体の光導電層13は、少なくとも書き込み光15に対して光吸収性を有するように構成する。

【0078】

光照射部14は、任意の光量の書き込み光15を光変調部1に照射できるものであればよく、レーザービームスキャン装置、LEDアレイ、CRTディスプレイ、プラズマディスプレイ、ELディスプレイなどの自発光素子や、液晶シャッターなどの調光素子と蛍光管、キセノンランプ、ハロゲンランプ、水銀ランプ、LEDランプなどの光源との組み合わせなど、特に限定されるものではない。

本実施形態では、光変調媒体が一对の基板の内面それぞれに形成された電極を有するが、必ずしも光変調媒体が電極を備える必要はない。その場合、書き込み装

置に1対の基板を挟む電極を備え、その電極に所定の電圧を印加することにして
もよい。

【0079】

図13は、本実施形態の光変調媒体の等価回路を示す図である。

【0080】

図13において、 Z_E は、光変調層8A、8B、8Cと光導電層13以外の構成要素の等価インピーダンスで、図12に示した光変調媒体1の、バイアス電極5、6および光吸収層7のインピーダンスの直列和をあらわし、等価容量 C_E と等価抵抗 R_E の並列回路で近似できる。 V_E は、書き込み装置2から光変調媒体1の電極5、6間にバイアス電圧 V が印加された場合に、これら光変調層8A、8B、8Cと光導電層13以外の構成要素に印加される電圧を示す。

【0081】

また、 Z_A 、 Z_B 、 Z_C 、 Z_D は、光変調層8A、8B、8C、および光変調層全体のインピーダンスを示し、各光変調層は、それぞれ静電容量 C_A 、 C_B 、 C_C と抵抗 R_A 、 R_B 、 R_C の並列回路で近似できる。 V_A 、 V_B 、 V_C 、 V_D は、書き込み装置2から光変調媒体1のバイアス電極5、6間にバイアス電圧 V が印加された場合に、これら光変調層8A、8B、8C、および光変調層全体に印加される電圧をあらわす。なお、各光変調層を構成するコレステリック液晶が誘電率異方性を有することから、各光変調層のインピーダンス Z_A 、 Z_B 、 Z_C は、液晶の配向状態に依存して変化する。

【0082】

Z_0 は、光導電層13のインピーダンスをあらわし、静電容量 C_0 と抵抗 R_0 の並列回路で近似できる。 V_0 は、書き込み装置2から光変調媒体1のバイアス電極5、6間にバイアス電圧 V が印加された場合に、光導電層13に印加される電圧を表わす。

【0083】

書き込み装置2から光変調媒体1の電極5、6間にバイアス電圧 V が印加された場合、光変調層全体に印加される電圧 V_D は、次式で与えられる。

$$V_D = (Z_D / Z) V$$

ここで、 $Z = Z_E + Z_D + Z_0$ である。

光導電層 13 は、書き込み装置 2 から書き込み光 15 が照射されると、内部光電効果によって可動電荷キャリアが発生し、導電性が増加する。したがって、書き込み光 15 の光量によって光導電層 13 のインピーダンス Z_0 を変化させ、光変調層全体に印加される電圧 V_D を制御することができる。

【0084】

一方、光変調層全体に電圧 V_D が印加された場合、各光変調層 8A、8B、8C に印加される分圧 V_A 、 V_B 、 V_C は、以下ようになる。

$$V_A = (Z_A / Z_D) V_D \quad V_B = (Z_B / Z_D) V_D \quad V_C = (Z_C / Z_D) V_D$$

ここで、 $Z_D = Z_A + Z_B + Z_C$ である。

【0085】

このように、光変調媒体 1 に対して、書き込み装置 2 から、電極 5、6 間にバイアス電圧 V が印加され、書き込み光 15 が照射された場合、各光変調層 8A、8B、8C には、それぞれのインピーダンスによる分圧 V_A 、 V_B 、 V_C が印加され、それぞれの分圧 V_A 、 V_B 、 V_C に応じて、各光変調層 8A、8B、8C のコレステリック液晶の配向状態が変化する。

【0086】

したがって、本実施形態の光変調媒体は、各構成要素のインピーダンス比を最適化し、電極 5、6 間に印加されるバイアス電圧 V による光変調層全体の分圧の比、光変調層全体の印加電圧 V_D による各光変調層 8A、8B、8C への分圧の比、印加される分圧 V_A 、 V_B 、 V_C に対する各光変調層 8A、8B、8C の閾値電圧比をそれぞれ制御することによって、バイアス電圧および書き込み光量に基づく各光変調層 8A、8B、8C の電気光学応答を所定の構成に設定することができる。

【0087】

次に、本実施形態の光変調媒体を用いてカラー表示を行う本実施形態の光変調方法について説明する。

【0088】

図 14 は、光変調層全体に印加される電圧 V_D に対する、各光変調層 8A、8

B、8Cの電気光学応答を示す模式図である。

【0089】

図14において、横軸は、光変調層全体に印加される電圧電圧 V_D 、縦軸は各光変調層の正規化反射率をあらわしている。

【0090】

本実施形態の光変調素子1aは、光変調層相互の分圧比と閾値電圧比とが所定の値をもつように制御されているので、各光変調層8A、8B、8Cの、それぞれのプレーナーからフォーカルコニックへの閾値電圧 V_{pf} 、およびそれぞれのフォーカルコニックからホメオトロピックへの閾値電圧 V_{fh} が、各光変調層間の大小関係が同じになるようにシフトし、かつしきい値が最も大きい光変調層をH層、中間の光変調層をM層、最も小さい光変調層をL層とした場合、H層の $V_{pf} > L$ 層の V_{fh} を満たすように構成する。

【0091】

いま、光変調層全体に印加される電圧を変化させた場合に、各光変調層に印加される分圧によって、

L層が V_{pf} 以下となる電圧を V_a 、

L層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつM層が V_{pf} 以下となる電圧を V_b 、

M層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつL層が V_{fh} 以下となる電圧を V_c 、

L層が V_{fh} 以上で、かつH層が V_{pf} 以下となる電圧を V_d 、

M層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつH層が V_{pf} 以上となる電圧を V_e 、

H層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつM層が V_{fh} 以上となる電圧を V_f 、

H層が V_{fh} 以上となる電圧を V_g とする。

そして、書き込み装置2から、光変調媒体1の電極5、6間に、図15(A)に示すような、交流パルス電圧 V_r が印加されるリセット期間 T_r 、交流パルス電圧 V_s が印加されるセレクト期間 T_s 、およびその後の無電圧の光変調期間 T_d とによって構成され、 $V_r > V_s$ なる関係をもつバイアス電圧を印加する。そして、少なくともリセット期間 T_r の終わりを含むように、光照射部14から第1の書き込み光を光量 P_r で、また少なくともセレクト期間 T_s の終わりを含むように、光照射部14から第2の書き込み光を光量 P_s で、それぞれ照射する。

【0092】

ここで、リセット期間 T_r およびセレクト期間 T_s にそれぞれ印加されるバイアス電圧の周波数はとくに限定されるものではなく、光変調媒体1の光導電層13が単極性の場合には、直流パルスとすることが好ましい。

【0093】

図16は、リセット期間 T_r における、バイアス電圧 V_r および書き込み光量 P_r に対するH層、M層、L層の電気光学応答を示す図である。

【0094】

そのうち、図16(a)は、書き込み光量 P_r と光導電層のインピーダンス Z_0 との関係、図16(b)は、光導電層のインピーダンス Z_0 と光変調層全体に印加される電圧 V_D との関係、図16(c)は、光変調層全体に印加される電圧 V_D に対する、H層、M層、L層の反射率、図16(d)は、光照射部14から光変調媒体1に照射する書き込み光15の光量 P_r に対する、H層、M層、L層の反射率をそれぞれ示している。

【0095】

さらに、図17は、セレクト期間 T_s における、バイアス電圧 V_s および書き込み光量 P_s に対するH層、M層、L層の電気光学応答を示す図である。

【0096】

そのうち、図17(a)は、書き込み光量 P_s と光導電層のインピーダンス Z_0 との関係、図17(b)は、光導電層のインピーダンス Z_0 と光変調層全体に印加される電圧 V_D との関係、図17(c)は、光変調層全体に印加される電圧 V_D に対する、H層、M層、L層の反射率、図17(d)は、光照射部14から光変調部1に照射する書き込み光15の光量 P_s に対する、H層、M層、L層の反射率をそれぞれ示している。

【0097】

図18は、リセット期間 T_r およびセレクト期間 T_s において印加される電圧と各光変調層の電気光学状態を示す図である。

【0098】

図18において、リセット期間 T_r においては、光変調層全体に印加される電

圧 V_D が、図14に示した V_e 、 V_f 、 V_g となるように、バイアス電圧 V_r を V_1 に選定して印加するとともに、書き込み光量 P_r を P_e 、 P_f 、 P_g に選定し照射する。セレクト期間 T_s においては、光変調層全体に印加される電圧 V_D が、図14に示した V_a 、 V_b 、 V_c 、 V_d になるように、バイアス電圧 V_s を V_2 に選定して印加するとともに、書き込み光量 P_s を P_a 、 P_b 、 P_c 、 P_d に選定し照射する。

【0099】

すると、それぞれの組み合わせにおいて、H層、L層、M層（各欄の左側からH層、M層、L層）は、図中に、「○」および「●」で表示した配向状態となる。

【0100】

ここで、「○」はプレーナーによる選択反射状態、「●」はフォーカルコニックによる透過状態、をそれぞれ表している。

これから明らかなように、本実施形態の光変調媒体を用いる本実施形態の光変調方法によれば、

H層、M層およびL層の3層全てがプレーナーの状態、
H層、M層およびL層の3層全てがフォーカルコニックの状態、
H層がプレーナーで、M層とL層がフォーカルコニックの状態、
M層がプレーナーで、H層とL層がフォーカルコニックの状態、
L層がプレーナーで、H層とM層がフォーカルコニックの状態、
H層とM層がプレーナーで、L層がフォーカルコニックの状態、
M層とL層がプレーナーで、H層がフォーカルコニックの状態、
H層とL層がプレーナーで、M層がフォーカルコニックの状態、
の8種類の配向状態が得られる。

【0101】

したがって、図19に示すように、例えば、光変調層8Aをブルー（B）の色光を選択反射するH層、光変調層8Bをグリーン（G）の色光を選択反射するM層、光変調層8Cをレッド（R）の色光を選択反射するL層とする光変調媒体を形成し、書き込み装置2からバイアス電圧 V_r 、 V_s および書き込み光量 P_r を

制御することにより、

(1) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_g$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_a$ のバイアス電圧印加によって、光変調層それぞれに表示されたレッド (R)、グリーン (G)、ブルー (B) が混色されホワイト (W) を表示する状態、

(2) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_e$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_c$ のバイアス電圧印加によって、光変調層夫々が透過状態 (T) となりブラック (K) を表示する状態、

(3) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_g$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_c$ のバイアス電圧印加によって、ブルー (B) を表示する状態、

(4) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_f$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_b$ のバイアス電圧印加によって、グリーン (G) を表示する状態、

(5) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_e$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_a$ のバイアス電圧印加によって、レッド (R) を表示する状態、

(6) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_g$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_b$ のバイアス電圧印加によって、ブルー (B) とグリーン (G) とが混色されたシアン (C) を表示する状態、

(7) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_f$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_a$ のバイアス電圧印加によって、グリーン (G) とレッド (R) とが混色されたイエロー (Y) を表示する状態、

(8) $V_r = V_1$ 、 $P_r = P_g$ 、 $V_s = V_2$ 、 $P_s = P_d$ のバイアス電圧印加によって、ブルー (B) とレッド (R) とが混色されたマゼンタ (M) を表示する状態となる。

【0102】

このように8つの表示状態を制御することができるので、光変調媒体の画素内に、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、イエロー、マゼンタの、合計8色を表示することができる。

(第3の実施形態)

図20は、第3の実施形態の光変調媒体および光変調方法に用いる書き込み装置とを示す図である。

【0103】

図 2 0 に示す光変調媒体 1 は、2 つの光変調素子 1 6 A、1 6 B で形成されている。光変調素子 1 6 A は、それぞれバイアス電極 5 A、6 A が内面に形成された基板 3 A、4 A 間に、読み出し光 1 2 A を反射する光変調層 8 A、光吸収層 7 A、光導電層 1 3 A が積層されている。また、光変調素子 1 6 B は、電極 5 B、6 B が内面に形成された基板 3 B、4 B 間に、読み出し光 1 2 B を反射する光変調層 8 B、読み出し光 1 2 C を反射する光変調層 8 C、光吸収層 7 B、光導電層 1 3 B が積層されている。

【0 1 0 4】

本実施形態の書き込み方法に用いる書き込み装置 2 は、光変調素子 1 6 A の電極 5 A、6 A 間にバイアス電圧 1 1 A を印加するとともに、バイアス電極 5 B、6 B 間にバイアス電圧 1 1 B を印加する電圧印加部 1 0 と、光変調素子 1 6 A の光導電層 1 3 A に書き込み光 1 5 A を照射するとともに、光変調素子 1 6 B の光導電層 1 3 B に書き込み光 1 5 B を照射する光照射部 1 4 と、所定の光変調パターンに応じて、電圧印加部 1 0 および光照射部 1 4 を制御する制御部 9 とにより構成されている。

【0 1 0 5】

本実施形態の光変調媒体は、第 1 の実施形態の光変調媒体と較べて、2 つの光変調素子を有し、各光変調素子毎に光導電層が積層されている点は、相違するが、各構成要素は共通するので、重複する説明は省略し、相違点について説明する。

【0 1 0 6】

本実施形態では、光導電層 1 3 A は少なくとも書き込み光 1 5 A に対して光吸収性、読み出し光 1 2 B、1 2 C に対して光透過性を、光導電層 1 3 B は少なくとも書き込み光 1 5 B に対して光吸収性、書き込み光 1 5 A に対して光透過性を有するように構成する。

【0 1 0 7】

光照射部 1 4 は、任意の光量の書き込み光 1 5 A、1 5 B を光変調部 1 に照射できるものであればよく、レーザービームスキャン装置、LED アレイ、CRT ディスプレイ、プラズマディスプレイ、EL ディスプレイなどの自発光素子や、

液晶シャッターなどの調光素子と蛍光管、キセノンランプ、ハロゲンランプ、水銀ランプ、LEDランプなどの光源との組み合わせなど、特に限定されるものではない。

【0108】

ここで、本実施形態の光変調媒体は、2つの光変調素子を備えているが、必ずしも2つに限定されない。また、2つの光変調素子のうちの1つは、光変調層が1層であるが、複数層積層することもできる。

【0109】

図21は、本実施形態における光変調素子16Aの等価回路を示す。

【0110】

図21において Z_{EA} は、光変調層8Aおよび光導電層13Aを除く構成要素の等価インピーダンスである。 Z_{EA} は、図20に示した電極5A、6Aおよび光吸収層7Aのインピーダンスの直列和で、等価静電容量 C_{EA} と等価抵抗 R_{EA} の並列回路で近似できる。 V_{EA} は、書き込み装置2から光変調素子16Aの電極5A、6A間にバイアス電圧 V_A が印加された場合に、光変調層8Aおよび光導電層13Aを除外した構成要素に印加される電圧を示す。

【0111】

Z_{DA} は、光変調層8Aのインピーダンスをあらわし、静電容量 C_A と抵抗 R_A の並列回路で近似できる。 V_{DA} は、書き込み装置2から光変調素子16Aのバイアス電極5A、6A間にバイアス電圧 V_A を印加した場合に、光変調層8Aに印加される電圧を示す。なお、光変調層を構成するコレステリック液晶が誘電率異方性を有することから、光変調層のインピーダンス Z_{DA} は、液晶の配向状態に依存して変化する。

【0112】

Z_{OA} は、光導電層13Aのインピーダンスをあらわし、静電容量 C_{OA} と抵抗 R_{OA} の並列回路で近似できる。 V_{OA} は、書き込み装置2から光変調素子16Aの電極5A、6A間にバイアス電圧 V_A を印加した場合に、光導電層13Aに印加される電圧をあらわす。

【0113】

書き込み装置 2 から光変調素子 16 A の電極 5 A、6 A 間にバイアス電圧 V_A を印加した場合、光変調層 8 A に印加される電圧 V_{DA} は、以下のようになる。

$$V_{DA} = (Z_{DA} / Z_A) V_A$$

ここで、 $Z_A = Z_{EA} + Z_{DA} + Z_{OA}$ である。

【0114】

導電層 13 A は、書き込み装置 2 から書き込み光 15 A が照射されると、内部光電効果によって可動電荷キャリアが発生して、導電性が増加する。したがって、書き込み光 15 A の光量によって光導電層 13 A のインピーダンス Z_{OA} を変化させ、光変調層 8 A に印加される電圧 V_{DA} を制御することができる。そして、その電圧 V_{DA} 電圧に応じて、光変調層 8 A のコレステリック液晶の配向状態が変化する。

【0115】

図 26 は、バイアス電圧および書き込み光量に対する光変調層 8 A の電気光学応答を示す図であり、図 24 (A) および図 24 (B) に示すように、セレクト期間 T_{SA} にバイアス電圧 V_{SA} が加され、書き込み光量 P_{SA} が照射されたときの状態を示す。

【0116】

図 26 のうち、図 26 (a) は、書き込み光量 P_{SA} と光導電層のインピーダンス Z_{OA} との関係、図 26 (b) は、光導電層のインピーダンス Z_{OA} と光変調層 8 A に印加される電圧 V_{DA} との関係、図 26 (c) は、光変調層 8 A に印加される電圧 V_{DA} に対する、光変調素子 16 A の反射率、図 26 (d) は、光照射部 14 から光変調素子 16 A に照射する書き込み光 15 A の光量 P_{SA} に対する、光変調素子 16 A の反射率をそれぞれ表わしている。

【0117】

このように、光変調素子 16 A に印加される電圧 V_{DA} が、それぞれ V_{aA} 、 V_{bA} になるように、セレクト期間 T_{SA} のバイアス電圧 V_{SA} を V_{1A} 、書き込み光量 P_{SA} を P_{aA} 、 P_{bA} に選定した場合、光変調層 8 A は、プレーナー状態、フォーカルコニック状態、の 2 種類の配向状態が得られる。

【0118】

図 2 2 は、光変調素子 1 6 B の等価回路を示す図である。

【0 1 1 9】

図 2 2 において、 Z_{EB} は、光変調層 8 B、8 C および光導電層 1 3 B を除いた構成要素の等価インピーダンスで、電極 5 B、6 B および光吸収層 7 B のインピーダンスの直列和による、等価静電容量 C_{EB} と等価抵抗 R_{EB} の並列回路で近似できる。 V_{EB} は、書き込み装置 2 から光変調素子 1 6 B のバイアス電極 5 B、6 B 間にバイアス電圧 V_B が印加された場合に、これら光変調層 8 B、8 C と光導電層 1 3 B を除く構成要素に印加される電圧を示す。

【0 1 2 0】

Z_{DB} 、 Z_{DC} 、 Z_{DD} は、光変調層 8 B、8 C、および光変調素子 1 6 B の光変調層全体のインピーダンスをあらわし、各光変調層は、それぞれ静電容量 C_B 、 C_C と抵抗 R_B 、 R_C の並列回路で近似できる。 V_{DB} 、 V_{DC} 、 V_{DD} は、書き込み装置 2 から光変調素子 1 6 B の電極 5 B、6 B 間にバイアス電圧 V_B が印加された場合に、これら光変調層 8 B、光変調層 8 C、および光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧をあらわす。なお、各光変調層を構成するコレステリック液晶が誘電率異方性を有することから、各光変調層のインピーダンス Z_{DB} 、 Z_{DC} は、液晶の配向状態に依存して変化する。

【0 1 2 1】

Z_{OB} は、光導電層 1 3 B のインピーダンスを示し、静電容量 C_{OB} と抵抗 R_{OB} の並列回路で近似できる。 V_{OB} は、書き込み装置 2 から光変調素子 1 6 B のバイアス電極 5 B、6 B 間にバイアス電圧 V_B が印加された場合に、光導電層 1 3 B に印加される電圧を示す。

【0 1 2 2】

書き込み装置 2 から光変調素子 1 6 B の電極 5 B、6 B 間にバイアス電圧 V_B が印加された場合、光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} は、以下のようになる。

$$V_{DD} = (Z_{DD} / Z_B) V_B$$

ここで、 $Z_B = Z_{EB} + Z_{DD} + Z_{OB}$ である。

【0 1 2 3】

光導電層 1 3 B は、書き込み装置 2 から書き込み光 1 5 B が照射されると、内部光電効果によって可動電荷キャリアが発生し、導電性が増加する。したがって、書き込み光 1 5 B の光量によって光導電層 1 3 B のインピーダンス Z_{0B} を変化させ、光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} を制御することができる。

【 0 1 2 4 】

一方、光変調素子 1 6 B の光変調層全体に電圧 V_{DD} が印加された場合、各光変調層 8 B、8 C に印加される電圧 V_{DB} 、 V_{DC} は、以下のようになる。

$$V_{DB} = (Z_{DB} / Z_{DD}) V_{DD} \quad V_{DC} = (Z_{DC} / Z_{DD}) V_{DD}$$

ここで、 $Z_{DD} = Z_{DB} + Z_{DC}$ である。

【 0 1 2 5 】

このように、光変調素子 1 6 B に対して、書き込み装置 2 から、電極 5 B、6 B 間にバイアス電圧 V_B が印加され、書き込み光 1 5 B が照射された場合、各光変調層 8 B、8 C には、それぞれインピーダンスによる分圧 V_{DB} 、 V_{DC} が印加され、それぞれの分圧 V_{DB} 、 V_{DC} に応じて、各光変調層 8 B、8 C のコレステリック液晶の配向状態が変化する。

【 0 1 2 6 】

したがって、本実施形態の光変調媒体においては、光変調素子 1 6 B を構成する各要素のインピーダンス比を最適化し、電極 5 B、6 B 間に印加されるバイアス電圧 V_B が光変調素子 1 6 B に印加されたときの光変調層全体に印加される分圧の比、光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} が各光変調層 8 B、8 C へ印加される分圧の比、実際に印加される電圧 V_{DB} 、 V_{DC} に対する各光変調層 8 B、8 C の電気光学応答をそれぞれ制御することによって、バイアス電圧および書き込み光量に基づいて各光変調層 8 B、8 C を所定の状態に遷移させることができる。

【 0 1 2 7 】

次に、本実施形態の光変調媒体を用いてカラー表示を行う本実施形態の光変調方法について説明する。

【 0 1 2 8 】

図 23 は、光変調素子 16B の各光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} に対する、各光変調層 8B、8C の電気光学応答を示す模式図である。

【0129】

図 23 において、横軸は、光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} 、縦軸は各光変調層の正規化反射率をあらわしている。

【0130】

本実施形態の光変調素子 16B は、光変調層 8B、8C 相互の分圧比と閾値電圧比とが所定の値をもつように制御されているので、光変調層 8B、8C の、それぞれのプレーナーからフォーカルコニックへのしきい値電圧 V_{pf} 、およびそれぞれのフォーカルコニックからホメオトロピックへのしきい値電圧 V_{fh} が、各光変調層間の大小関係が同じになるようにシフトする。

【0131】

いま、しきい値が大きい光変調層を H 層、小さい光変調層を L 層とし、光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} を変化させた場合に、各光変調層に印加される分圧によって、

L 層が V_{pf} 以下となる電圧を V_{aB} 、

L 層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつ H 層が V_{pf} 以下となる電圧を V_{bB} 、

H 層が V_{pf} と V_{fh} との間で、かつ L 層が V_{fh} 以上となる電圧を V_{cB} 、

H 層が V_{fh} 以上となる電圧を V_{dB} とする。

【0132】

そして、書き込み装置 2 から、光変調素子 16B のバイアス電極 5B、6B 間に、図 25 (A) に示すような、交流パルス電圧 V_{sA} が印加されるリセット期間 T_{rB} 、交流パルス電圧 V_{sA} が印加されるセレクト期間 T_{sB} 、およびその後の無電圧の光変調期間 T_{dB} によって構成され、 $V_{rB} > V_{sB}$ なる関係をもつバイアス電圧を印加し、少なくともリセット期間 T_{rB} の終わりを含むように、光照射部 14 から光量 P_{rB} で第 1 の書き込み光を、少なくともセレクト期間 T_{sB} の終わりを含むように、光照射部 14 から光量 P_{sB} で第 2 の書き込み光を、それぞれ照射する。なお、リセット期間 T_{rB} およびセレクト期間 T_{sB} に印加するバイアス電圧の周波数はとくに限定されるものではなく、光変調部 1 の光導電層

1 3 Bが単極性の場合には、直流パルスとすることが好ましい。

【0 1 3 3】

図 2 7 は、リセット期間 T_{rB} における、バイアス電圧 V_{rB} と書き込み光量 P_{rB} による H 層、L 層の電気光学応答を示した図である。

【0 1 3 4】

図 2 7 のうち、図 2 7 (A) は、書き込み光量 P_{rB} と光導電層のインピーダンス Z_{0B} との関係、図 2 7 (b) は、光導電層のインピーダンス Z_{0B} と光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} との関係、図 2 7 (c) は、光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} に対する、H 層、L 層の反射率、図 2 7 (d) は、光照射部 1 4 から光変調部 1 に照射する書き込み光 1 5 の光量 P_{rB} に対する、H 層、L 層の反射率をそれぞれ示している。

【0 1 3 5】

さらに、図 2 8 は、セレクト期間 T_{sB} における、バイアス電圧 V_{sB} および書き込み光量 P_{sB} に対する H 層、L 層の電気光学応答を示した図である。

【0 1 3 6】

図 2 8 のうち、図 2 8 (a) は、書き込み光量 P_{sB} と光導電層のインピーダンス Z_{0B} との関係、図 2 8 (b) は、光導電層のインピーダンス Z_{0B} と光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} との関係、図 2 8 (c) は、光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} に対する、H 層、L 層の反射率、図 2 8 (d) は、光照射部 1 4 から光変調部 1 に照射する書き込み光 1 5 の光量 P_{sB} に対する、H 層、L 層の反射率をそれぞれ示している。

【0 1 3 7】

図 2 9 は、リセット期間 T_{rB} およびセレクト期間 T_{sB} において印加される電圧と照射される光量とを夫々選定した場合に各光変調層の電気光学状態を示す図である。

【0 1 3 8】

図 2 9 において、リセット期間 T_{rB} においては、光変調素子 1 6 B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} が、それぞれ図 2 7 に示した V_{cB} 、 V_{dB} になるように、バイアス電圧 V_{rB} を V_{1B} 、書き込み光量 P_{rB} を P_{cB} 、 P_{dB} に選定し

、セレクト期間 T_{sB} においては、光変調素子 16B の光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} が、それぞれ図 28 に示した V_{aB} 、 V_{bB} になるように、バイアス電圧 V_{sB} を V_{2B} 、書き込み光量 P_{sB} を P_{aB} 、 P_{bB} にそれぞれ選定する。

【0139】

すると、それぞれの組み合わせにおいて、H 層、L 層（各欄の左側が H 層で、右側が L 層）は、図中に、「○」および「●」で表示した配向状態となる。

【0140】

ここで、「○」はプレーナーによる選択反射状態、「●」はフォーカルコニックによる透過状態、をそれぞれ表している。

【0141】

これから明らかなように、本実施形態の光変調媒体を用いる本実施形態の光変調方法によれば、

H 層、L 層がプレーナーの状態、

H 層、L 層がフォーカルコニックの状態、

H 層がプレーナーで、L 層がフォーカルコニックの状態、

H 層がフォーカルコニックで、L 層がプレーナーの状態、

の 4 種類の配向状態を得ることができる。

【0142】

図 30 は、本実施形態の各光変調素子が、反射、吸収する光の波長および、各光変調素子に照射される光の波長を示す図である。

【0143】

図 30 において、図 30 (A) は、各光変調素子 16A、16B の、各光変調層が反射する読み出し光 12A、12B、12C の波長を示し、図 30 (B) は、各光吸収層 7A、7B が吸収する光の波長を示し、図 30 (C) は、各光導電層 13A、13B が吸収する光の波長を示し、図 30 (D) は、各光変調素子 16A、16B に照射される書き込み光 15A、15B の波長を示している。

【0144】

したがって、図 20 に示すように、光変調媒体 1 が複数の光変調素子 16A、16B を積層した構造となっても、各光変調素子 16A、16B を動作させ

る書き込み光 15A、15Bと、各光変調素子 16A、16Bで変調された読み出し光 12A、12B、12Cとの相互干渉を考慮することなく、各光変調素子 16A、16Bを、上述した書き込み方法によって個別に制御することができる。

【0145】

例えば、図30に示したしきい波長 λ_A および λ_B が、それぞれ 500 nm および 600 nm となるように構成し、光変調素子 16A をブルーの色光を選択反射する表示素子とし、光変調素子 16B を、光変調層 8B がグリーンの色光を選択反射する H 層、および光変調層 8C がレッドの色光を選択反射する L 層とする表示素子として光変調媒体を形成するとともに、書き込み装置 2 からバイアス電圧 V_r 、 V_s および書き込み光量 P_r 、 P_s を制御することにより、図31に示すように、

(1) $V_{sA}=V_{1A}$ 、 $P_{sA}=P_{bA}$ 、 $V_{rB}=V_{1B}$ 、 $P_{rB}=P_{dB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{aB}$ の書き込み信号によって、ブルー (B)、グリーン (G)、レッド (R) が混色されてホワイト (W) を表示する状態、

(2) $V_{sA}=V_{1A}$ 、 $P_{sA}=P_{aA}$ 、 $V_{rB}=V_{1B}$ 、 $P_{rB}=P_{cB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{bB}$ の書き込み信号によって、各光変調層が透過状態 (T) となりブラック (K) を表示する状態、

(3) $V_{sA}=V_{1A}$ 、 $P_{sA}=P_{bA}$ 、 $V_{rB}=V_{1B}$ 、 $P_{rB}=P_{cB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{bB}$ の書き込み信号によって、ブルー (B) を表示する状態、

(4) $V_{sA}=V_{1A}$ 、 $P_{sA}=P_{aA}$ 、 $V_{rB}=V_{1B}$ 、 $P_{rB}=P_{dB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{bB}$ の書き込み信号によって、グリーン (G) を表示する状態、

(5) $V_{sA}=V_{1A}$ 、 $P_{sA}=P_{aA}$ 、 $V_{rB}=V_{1B}$ 、 $P_{rB}=P_{cB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{aB}$ の書き込み信号によって、レッド (R) を表示する状態、

(6) $V_{sA}=V_{1A}$ 、 $P_{sA}=P_{bA}$ 、 $V_{rB}=V_{1B}$ 、 $P_{rB}=P_{dB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{bB}$ の書き込み信号によって、ブルー (B) とグリーン (G) が混色されたシアン (C) を表示する状態、

(7) $V_{sA}=V_{1A}$ 、 $P_{sA}=P_{aA}$ 、 $V_{rB}=V_{1B}$ 、 $P_{rB}=P_{dB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{aB}$ の書き込み信号によって、グリーン (G) とレッド (R) が

混色されたイエロー (Y) を表示する状態、

(8) $V_{sA}=V_{lA}$ 、 $P_{sA}=P_{bA}$ 、 $V_{rB}=V_{lB}$ 、 $P_{rB}=P_{cB}$ 、 $V_{sB}=V_{2B}$ 、 $P_{sB}=P_{aB}$ の書き込み信号によって、ブルー (B) とレッド (R) が混色されたマゼンタ (M) を表示する状態、

の 8 つの表示状態を取りうるようになり、一画素内に、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、イエロー、マゼンタの、合計 8 色を表示することができる。

【0146】

次に、グリーンとレッドとを表示できる光変調媒体の実施例について説明する。

(実施例 1)

グリーンの色光を選択反射するコレステリック液晶として、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶 (セイミケミカル社製) を 95.0 質量%、負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック液晶 (1-n-ブトキシ-4-(4'-トランス-n-ペンチルシクロヘキシルカルボキシ)-2,3-ジシアノベンゼン) を 5.0 質量%混合し、この混合物に対して、カイラル成分 1 (メルク社製 R811) を 14.4 質量%、カイラル成分 2 (メルク社製 R1011) を 3.6 質量%混合した。

【0147】

レッドの色光を選択反射するコレステリック液晶として、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶 (メルク社製 ZLI3806) を 84.0 質量%、カイラル成分 1 (メルク社製 R811) を 12.8 質量%、カイラル成分 2 (メルク社製 R1011) を 3.2 質量%混合した。

【0148】

ITO 透明電極をスパッタした 0.7 mm 厚のガラス基板 (コーニング社製 7059) の上に、カーボンブラック顔料を分散させたポリビニルアルコール水溶液を 2 μ m 厚にスピコートして光吸収層を形成した。さらに、液晶垂直配向膜 (日産化学社製 SE7511L) を 10 nm 厚にスピコート塗布し、その上に、10 μ m 径の球状スペーサー (積水ファインケミカル社製 SP210) を 0.

2 質量%分散させた上記レッドのコレステリック液晶を滴下し、プラスチックフレームで支持した4.5 μ m厚のPETフィルム（東レ社製ルミラー）を密着させた。さらにその上に、10 μ m径の球状スペーサー（積水ファインケミカル社製SP210）を0.2 質量%分散させた上記グリーンのコレステリック液晶を滴下し、ITO透明電極をスパッタした0.7mm厚のガラス基板（コーニング社製7059）を密着させて、光変調媒体とした。

【0149】

得られた光変調媒体に、任意波形発生器（バイオーメーション社製2714A）を制御部、高圧電源（トレック社製609C）を電圧印加部とする書き込み装置に接続した。

【0150】

書き込み装置から光変調媒体に、50Hzのリフレッシュ信号を200ms、50Hzのセレクト信号を200ms印加し、光変調媒体からの読み出し光を、積分球型分光測色計（ミノルタ社製CM2022）を用いて測定し、電気光学応答を求めた。

【0151】

なお、各光変調層の特性を個別に評価するため、上記した光吸収層を裏面に形成した10 μ mギャップの垂直配向型ガラスセル（EHC社製）に、上記のグリーンおよびレッドの各コレステリック液晶をそれぞれ毛管注入した評価用サンプルを作成し、上記方法を用いて電気光学応答を求め、誘電体用インピーダンス測定器（ソーラトロン社製129660W）を用いて誘電特性を求めた。

（比較例）実施例において、グリーンの色光を選択反射するコレステリック液晶として、負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック液晶を添加しないものを比較例として作成した。

【0152】

図32は、光変調媒体の読み出し光のスペクトル（測定値）を示す図であり、図32（A）は、実施例を示し、図32（B）は、比較例を示している。

【0153】

図からわかるように、負の誘電率異方性を有するジシアノ系ネマチック液晶を

混合した実施例のグリーン色を表示する液晶を有する光変調媒体は、比較例よりも反射率が高く、特にグリーン色における改善度合いが顕著であることがわかる。

【0 1 5 4】

図 3 3 は、読み出し光の色度図 (a^* , b^*) を示す図であり、図中の○印は、実施例を示し、●印は、比較例を示す。

【0 1 5 5】

図から明らかなように、実施例の光変調媒体は、比較例よりも色再現域が広く、特にグリーン色における改善度合いが顕著であることがわかる。

【0 1 5 6】

【発明の効果】

以上、説明したように、本発明の光変調媒体および書き込み方法によれば、光変調媒体が備える光変調素子の光変調層個別のパラメータを最適化し、所定の動作マージンを確保することができるので、表示の色調のコントラストを高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

正の誘電率異方性を有するネマチック液晶群の比誘電率と閾値電圧との関係を示す図である。

【図 2】

各種の正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶を用いて形成した、単独の光変調層からなる光変調素子の静電容量と、閾値電圧との実測結果を示す図である。

【図 3】

第 1 の実施形態の光変調媒体および光変調方法に用いる書き込み装置を示す図である。

【図 4】

正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶の状態を示す図である。

【図 5】

パルス電圧が印加された直後のコレステリック液晶の光学特性を示す模式図である。

【図 6】

本実施形態の光変調媒体の等価回路を示す図である。

【図 7】

光変調素子 1 a の光変調層全体に所定の電圧 V_D が印加された場合の、各光変調層 8 A、8 B の電気光学応答を示す模式図である。

【図 8】

書き込み装置 2 から印加されるバイアス電圧を示す図である。

【図 9】

リセット期間 T_r およびセレクト期間 T_s において印加される電圧と各光変調層の電気光学状態を示す図である。

【図 1 0】

本実施形態の光変調媒体による光変調表示を示す図である。

【図 1 1】

分子短軸方向にシアノ基を有し、負の誘電率異方性をもつ化合物を示す。

【図 1 2】

第 2 の実施形態の光変調媒体および光変調方法に用いる書き込み装置とを示す図である。

【図 1 3】

本実施形態の光変調媒体の等価回路を示す図である。

【図 1 4】

光変調層全体に印加される電圧 V_D に対する、各光変調層 8 A、8 B、8 C の電気光学応答を示す模式図である。

【図 1 5】

光変調層全体に印加される電圧 V_D に対する、各光変調層 8 A、8 B、8 C の電気光学応答を示す模式図である。

【図 1 6】

リセット期間 T_r における、バイアス電圧 V_r および書き込み光量 P_r に対す

るH層、M層、L層の電気光学応答を示す図である。

【図17】

セレクト期間 T_s における、バイアス電圧 V_s および書き込み光量 P_s に対するH層、M層、L層の電気光学応答を示す図である。

【図18】

リセット期間 T_r およびセレクト期間 T_s において印加される電圧と各光変調層の電気光学状態を示す図である。

【図19】

本実施形態の光変調媒体を用いる光変調表示を示す図である。

【図20】

第3の実施形態の光変調媒体および光変調方法に用いる書き込み装置とを示す図である。

【図21】

本実施形態における光変調素子16Aの等価回路を示す。

【図22】

光変調素子16Bの等価回路を示す図である。

【図23】

光変調素子16Bの各光変調層全体に印加される電圧 V_{DD} に対する、各光変調層8B、8Cの電気光学応答を示す模式図である。

【図24】

バイアス電圧 V_{sA} の印加と書き込み光量 P_{sA} の照射とを示す図である。

【図25】

バイアス電圧の印加と書き込み光量の照射状態を示す図である。

【図26】

バイアス電圧および書き込み光量に対する光変調層8Aの電気光学応答を示す図である。

【図27】

リセット期間 T_{rB} における、バイアス電圧 V_{rB} と書き込み光量 P_{rB} によるH層、L層の電気光学応答を示した図である。

【図 28】

セレクト期間 T_{sB} における、バイアス電圧 V_{sB} および書き込み光量 P_{sB} に対する H 層、L 層の電気光学応答を示した図である。

【図 29】

リセット期間 T_{rB} およびセレクト期間 T_{sB} において印加される電圧と照射される光量とを夫々選定した場合に各光変調層の電気光学状態を示す図である。

【図 30】

本実施形態の各光変調素子が、反射、吸収する光の波長および、各光変調素子に照射される光の波長を示す図である。

【図 31】

光変調媒体の表示状態を示す図である。

【図 32】

光変調媒体の読み出し光のスペクトル（測定値）を示す図であり

【図 33】

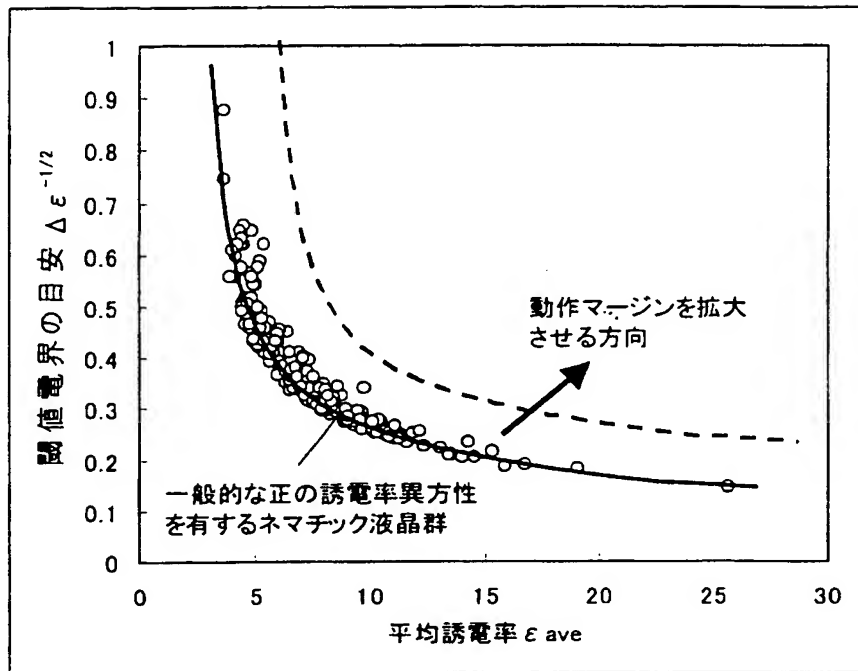
読み出し光の色度図（ a^* ， b^* ）を示す図であり

【符号の説明】

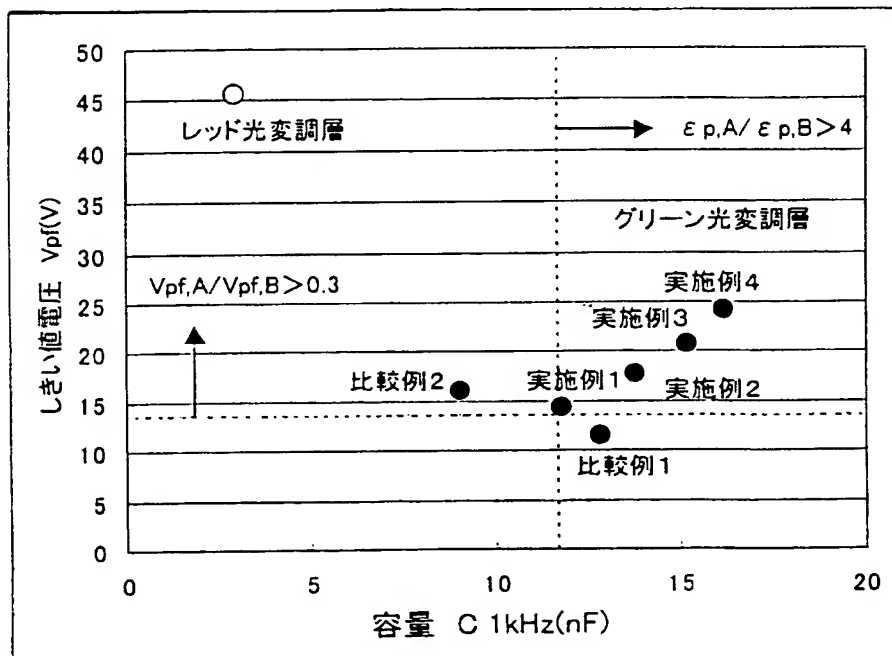
- 1 光変調媒体
- 1 a，1 6 光変調素子
- 2 書き込み装置
- 3，4 基板
- 5，6 電極
- 7 光吸収層
- 8，1 3 光導電層
- 9 制御部
- 1 0 電圧印加部
- 1 1 バイアス電圧
- 1 2 読み出し光
- 1 4 光照射部
- 1 5 書き込み光

【書類名】 図面

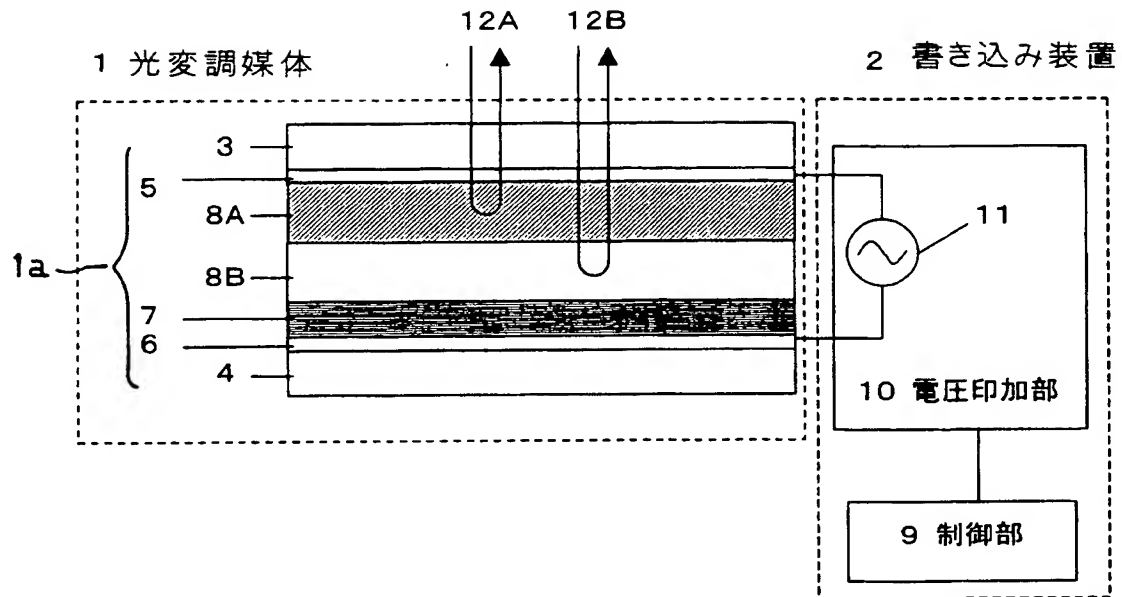
【図 1】



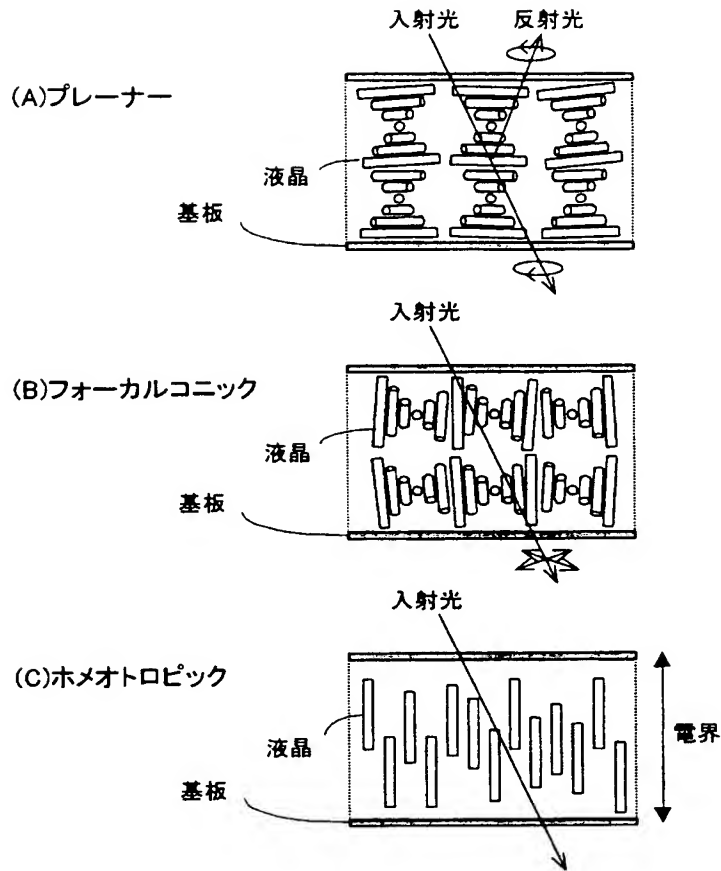
【図 2】



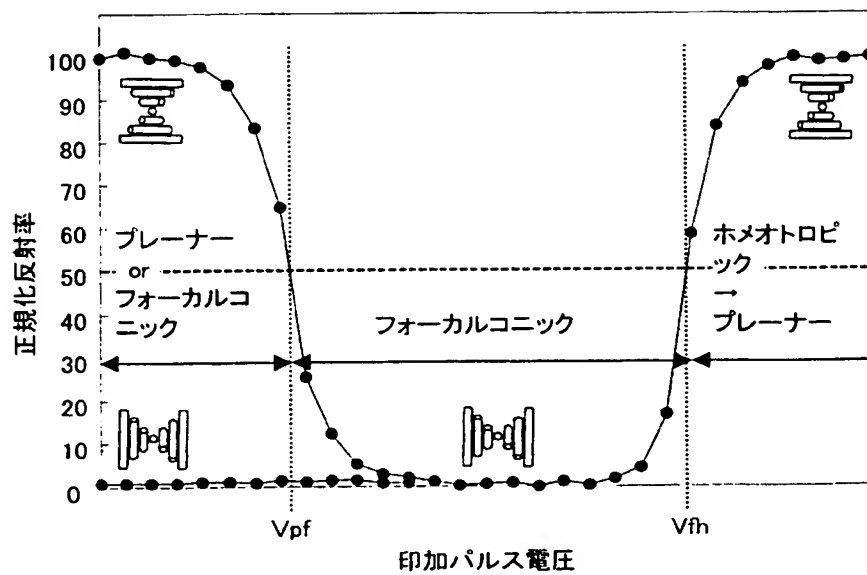
【図 3】



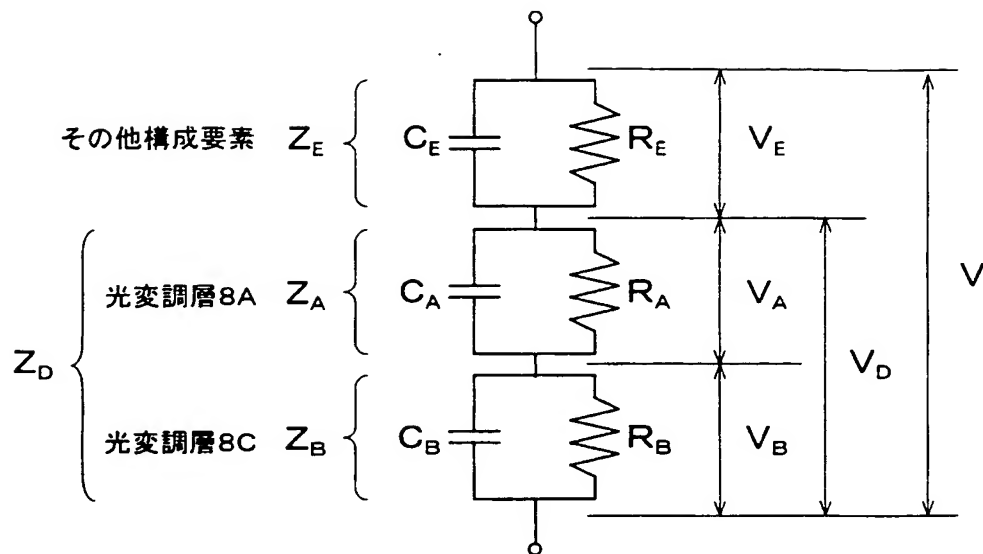
【図 4】



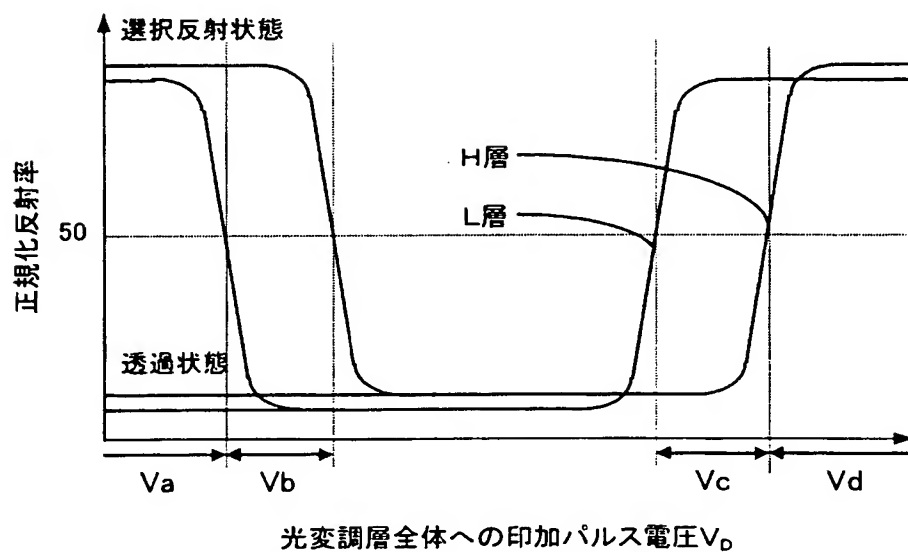
【図 5】



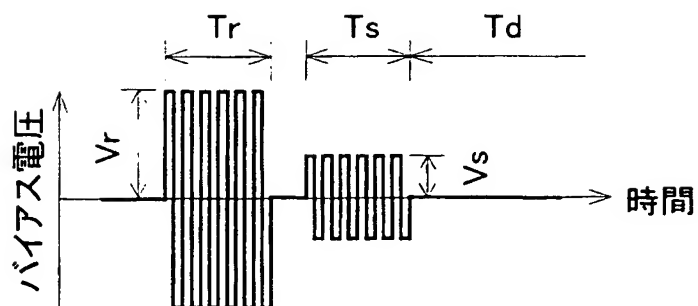
【図 6】



【図 7】



【図 8】

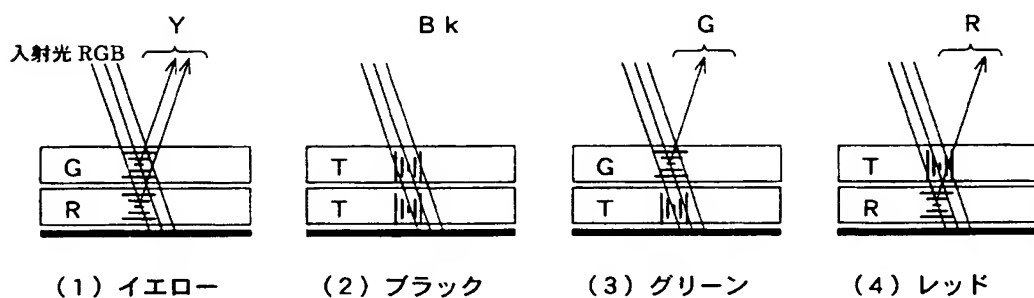


【図 9】

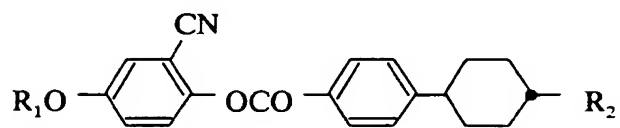
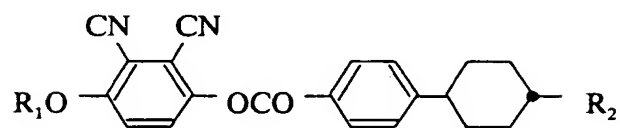
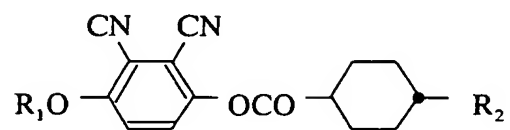
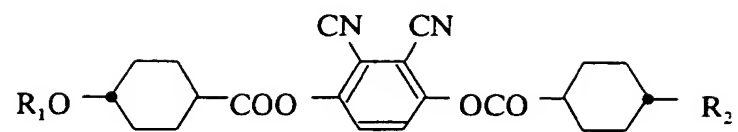
		リセット電圧 V_r	
		V_c	V_d
セレクト電圧 V_s	V_a	●/○	○/○
	V_b	●/●	○/●

H層/L層

【図 1 0】

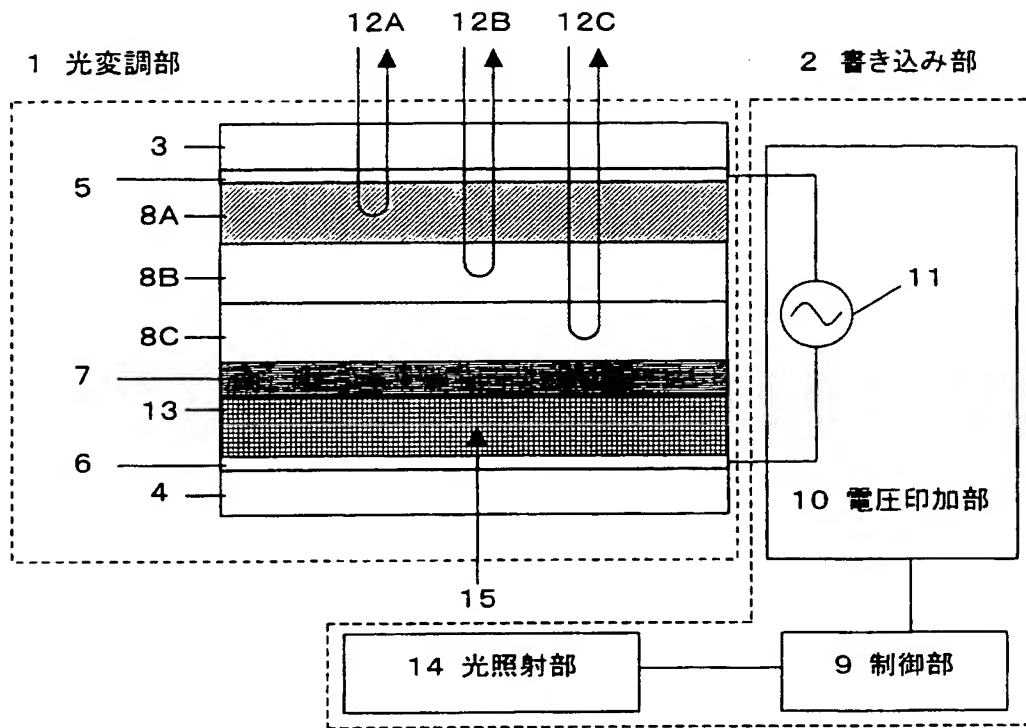


【図 11】

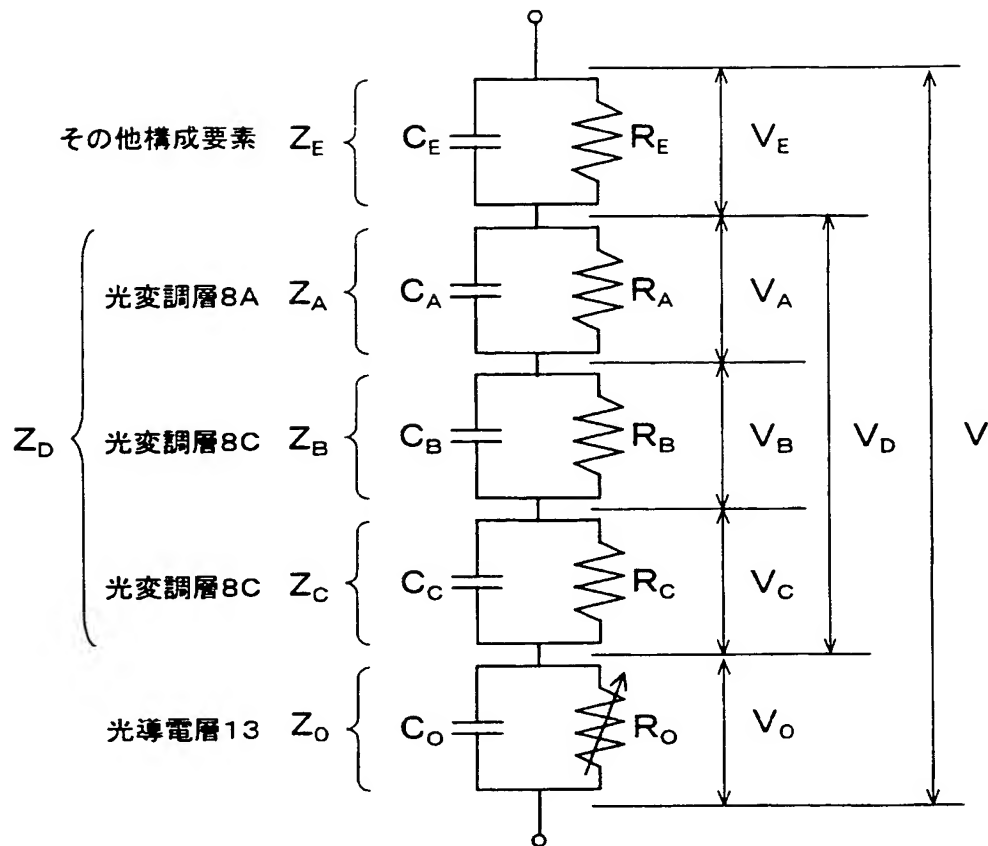


R_1, R_2 : アルキル基

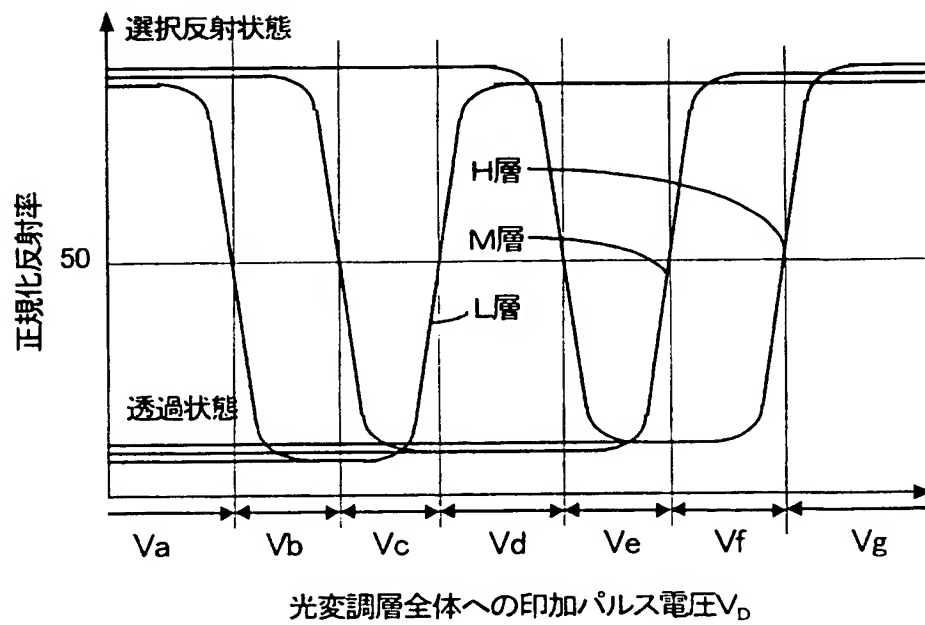
【図 1 2】



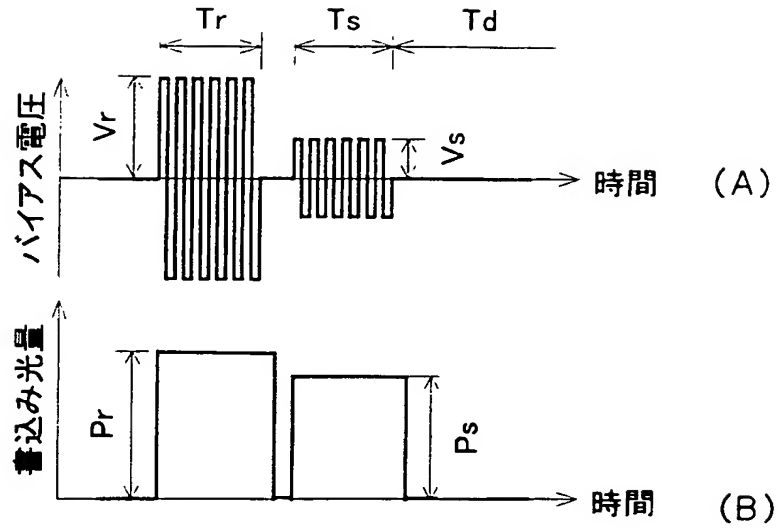
【図 13】



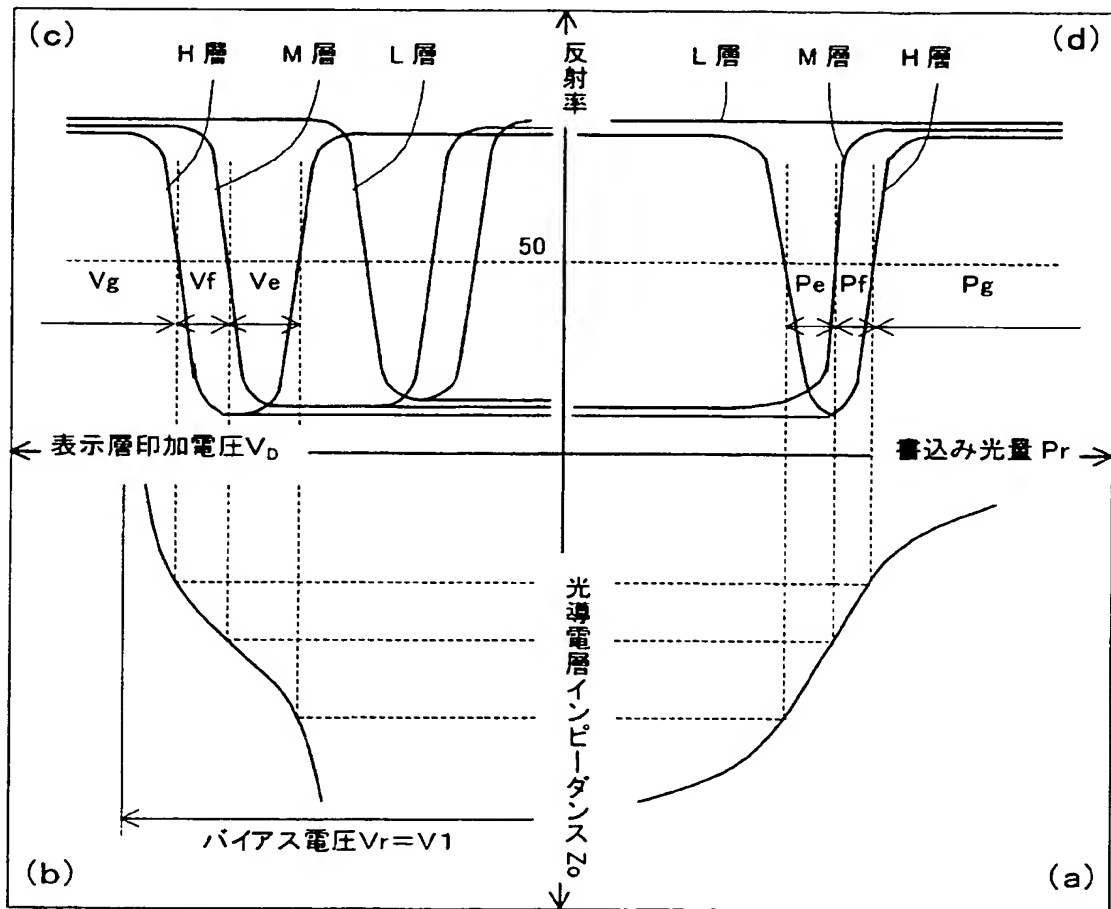
【図 14】



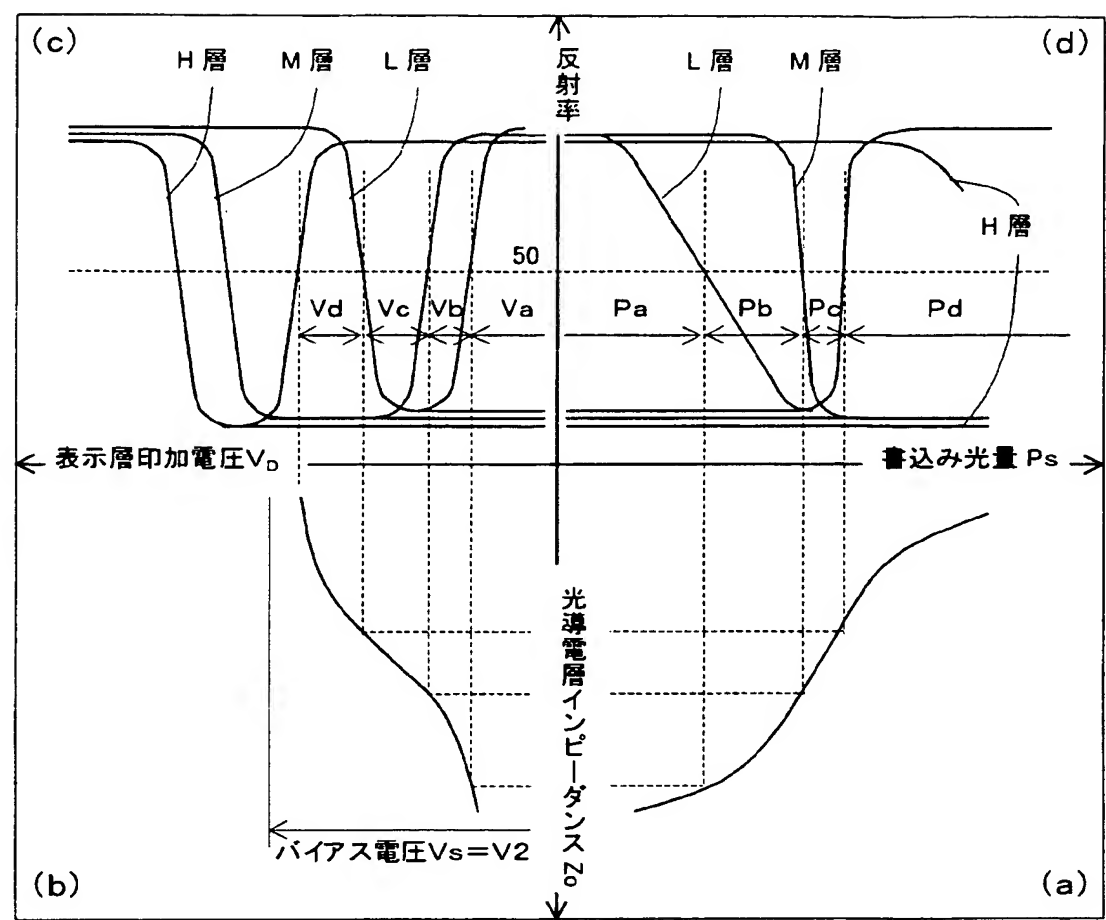
【図 15】



【図 16】



【図17】

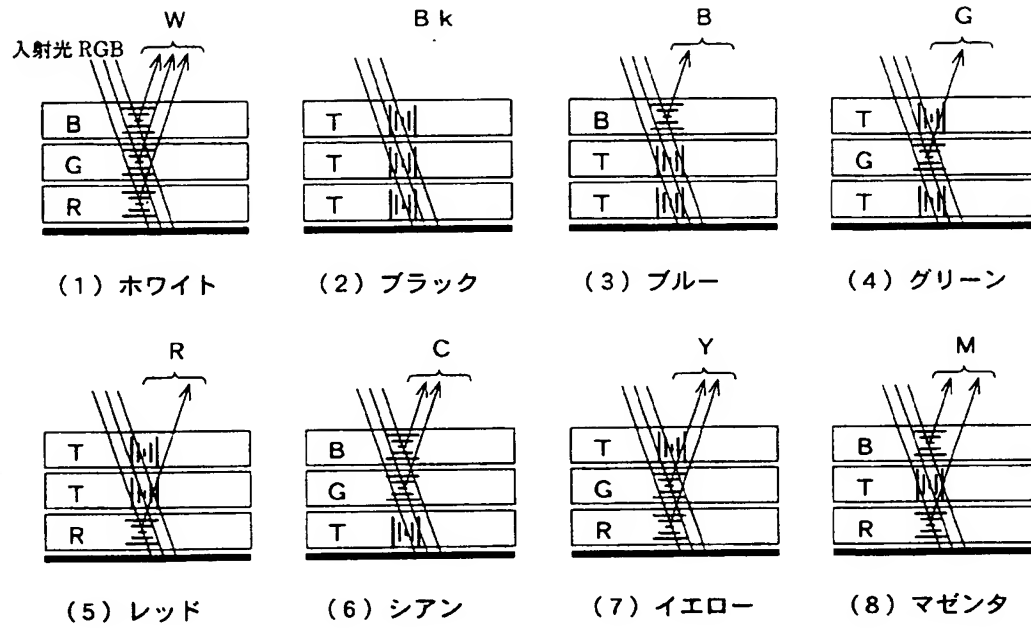


【図18】

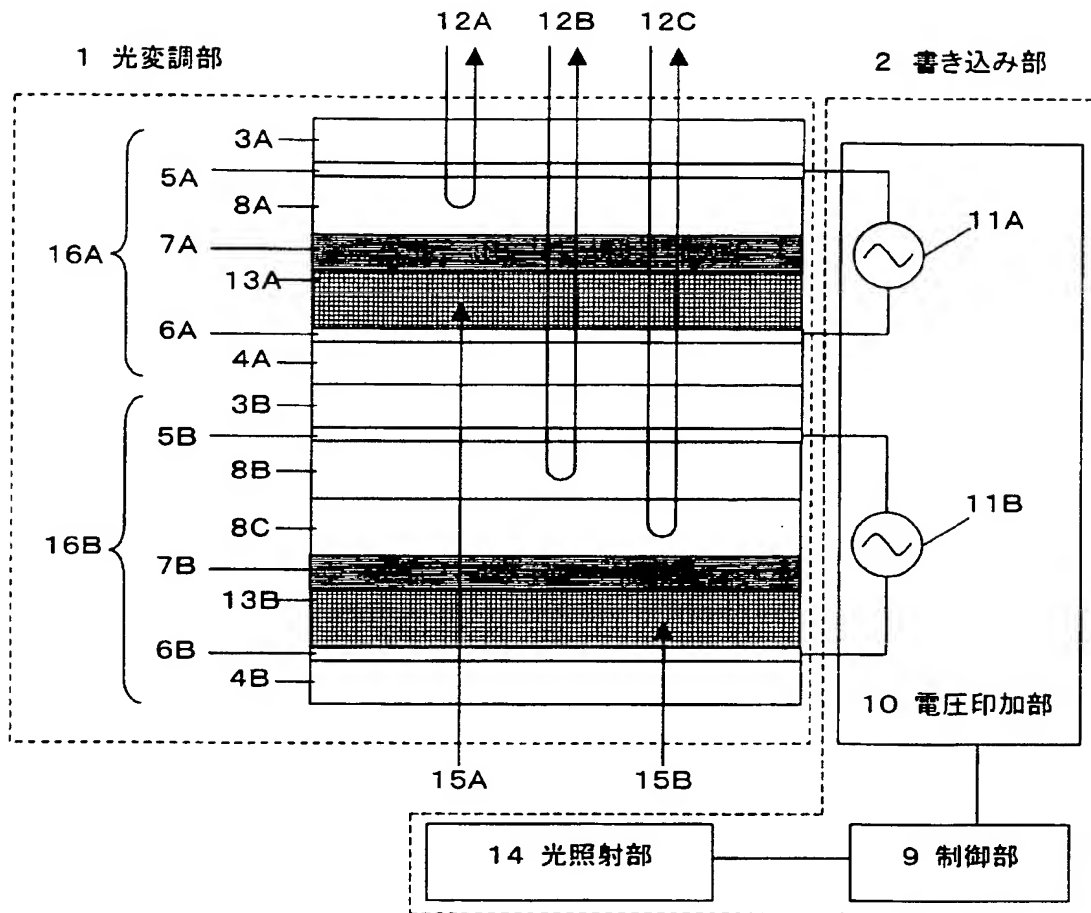
		リセット光量 P_r (バイアス電圧 $V_r = V_1$)		
		$P_e(V_e)$	$P_f(V_f)$	$P_g(V_g)$
セレクト光量 P_s (バイアス電圧 $V_s = V_2$)	$P_a(V_a)$	●/●/○	●/○/○	○/○/○
	$P_b(V_b)$	●/●/●	●/○/●	○/○/●
	$P_c(V_c)$	●/●/●	●/●/●	○/●/●
	$P_d(V_d)$	●/●/○	●/●/○	○/●/○

H層/M層/L層

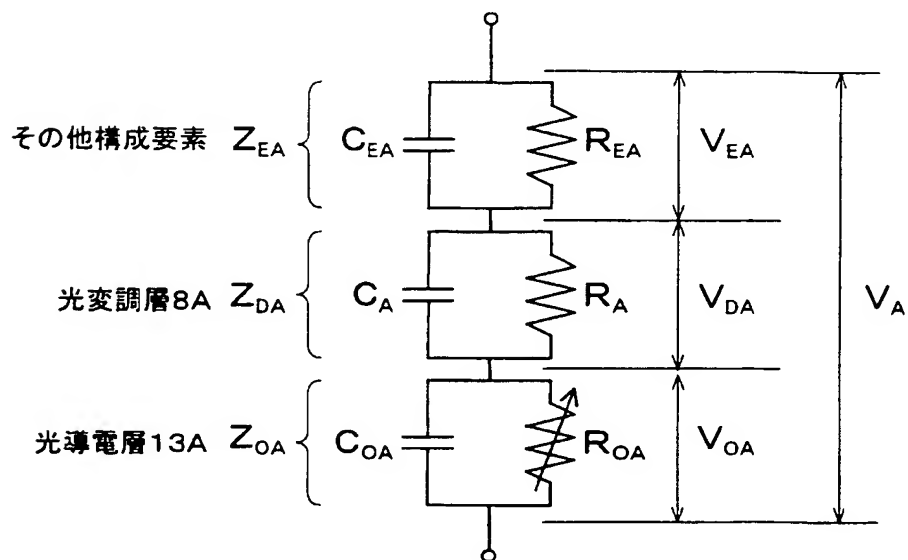
【図 1 9】



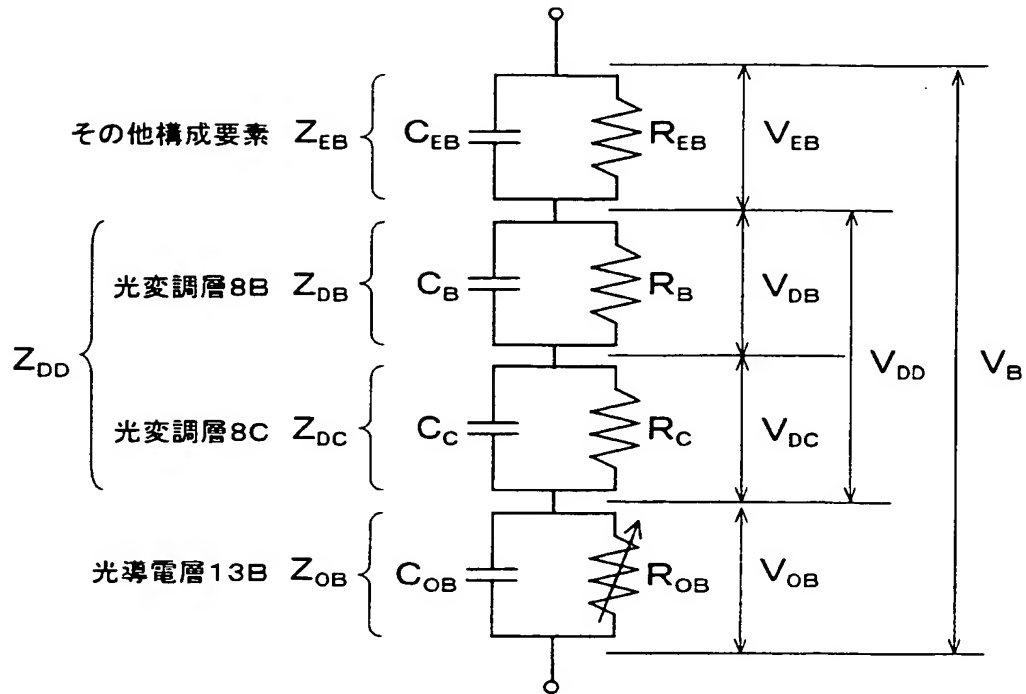
【図 2 0】



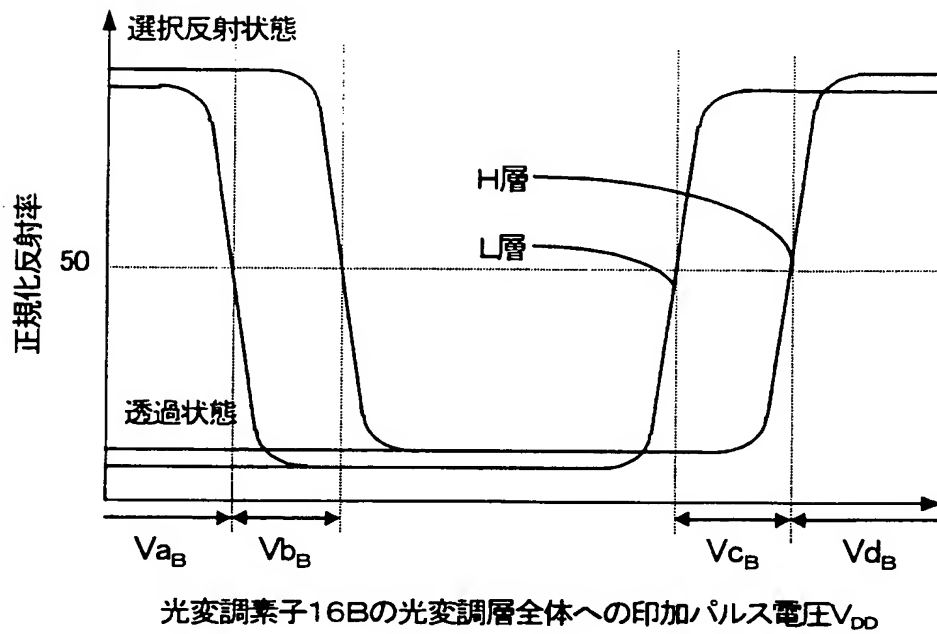
【図 2 1】



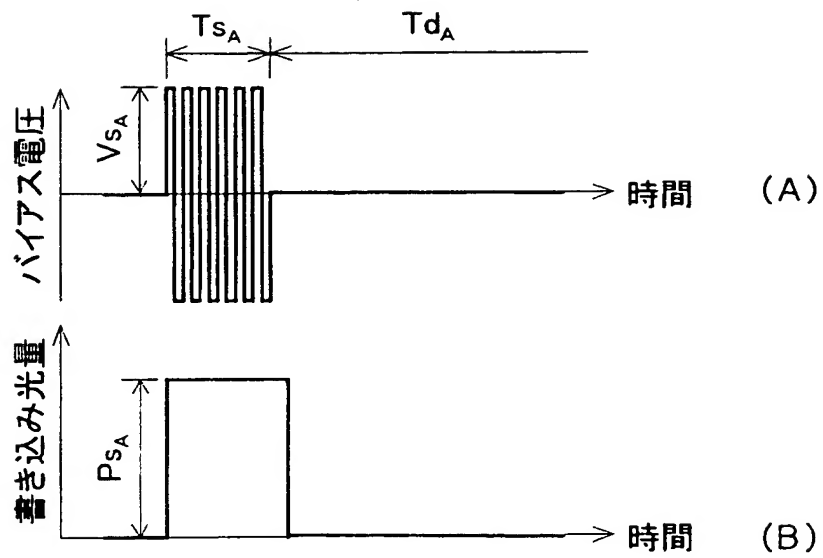
【図 2 2】



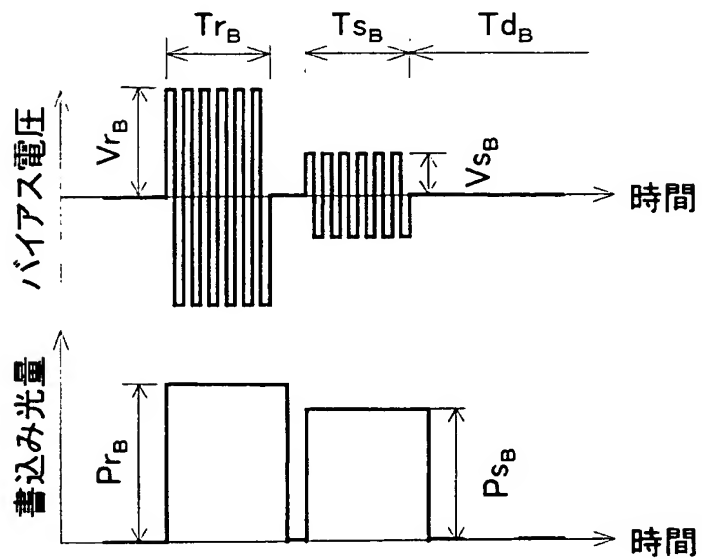
【図 2 3】



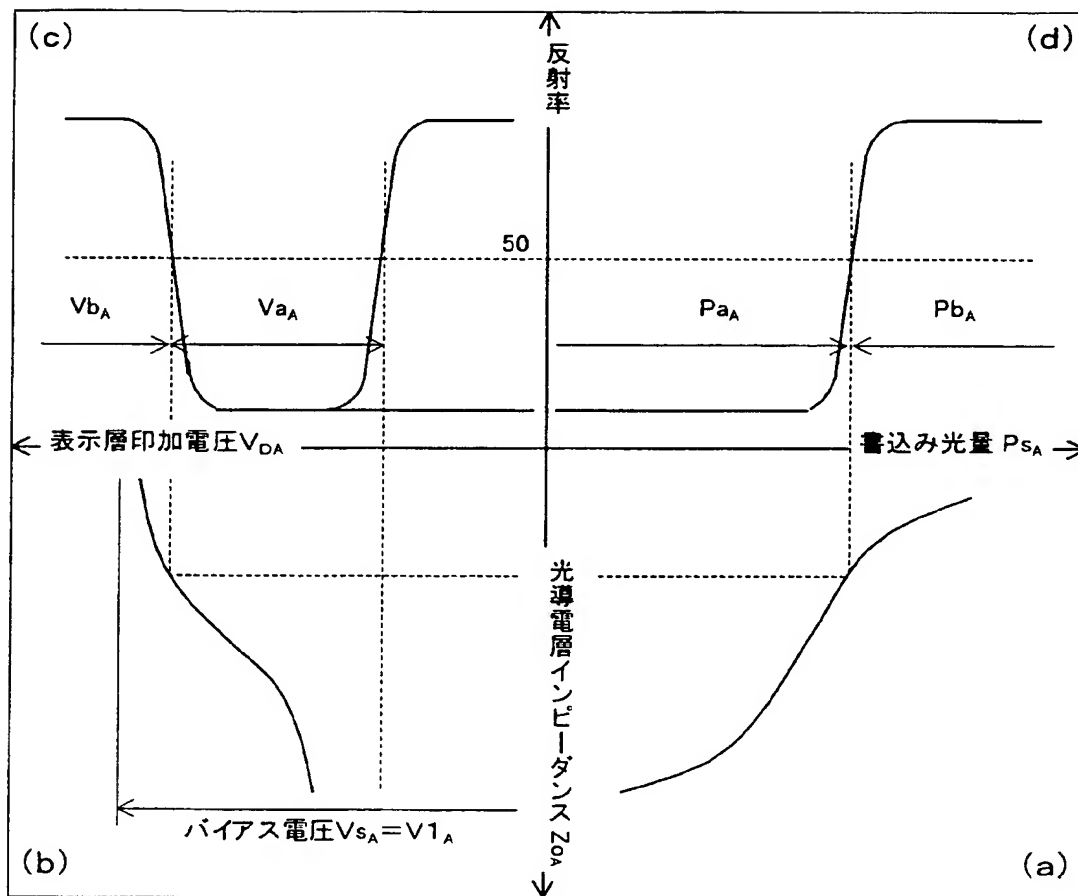
【図 24】



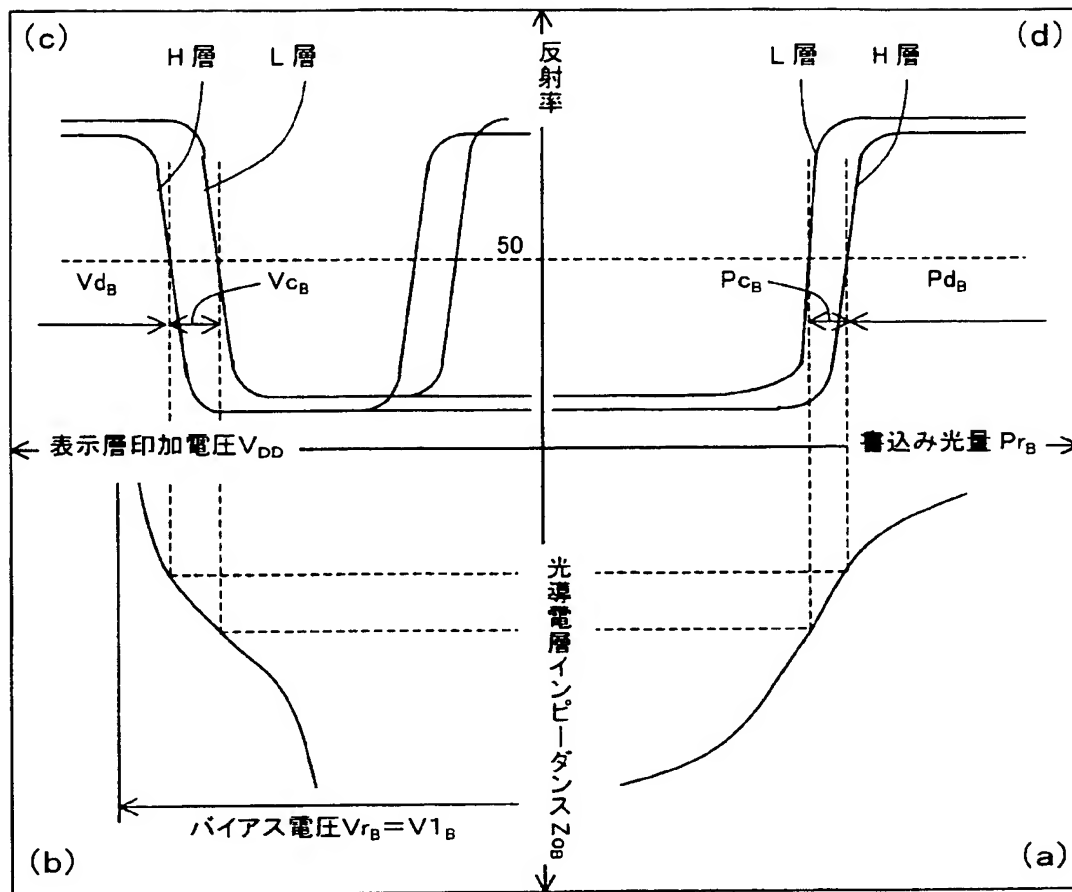
【図 25】



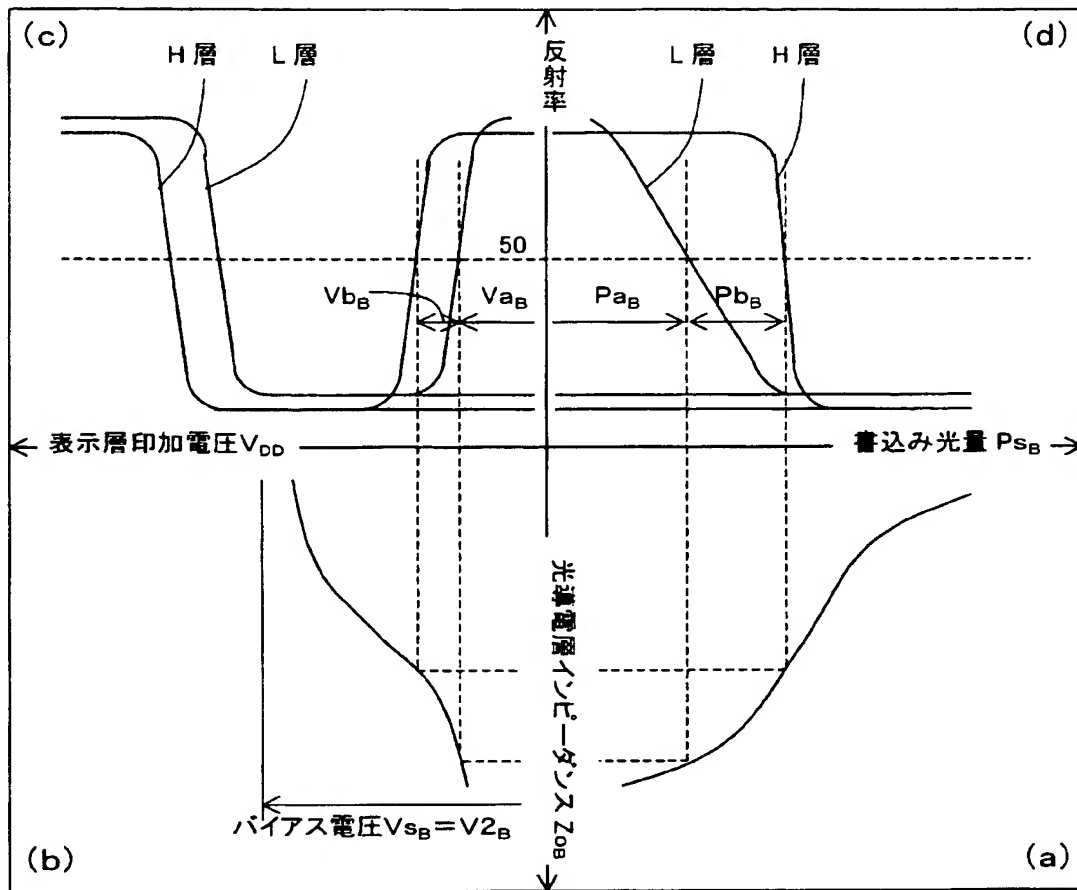
【図 26】



【図 27】



【図 28】

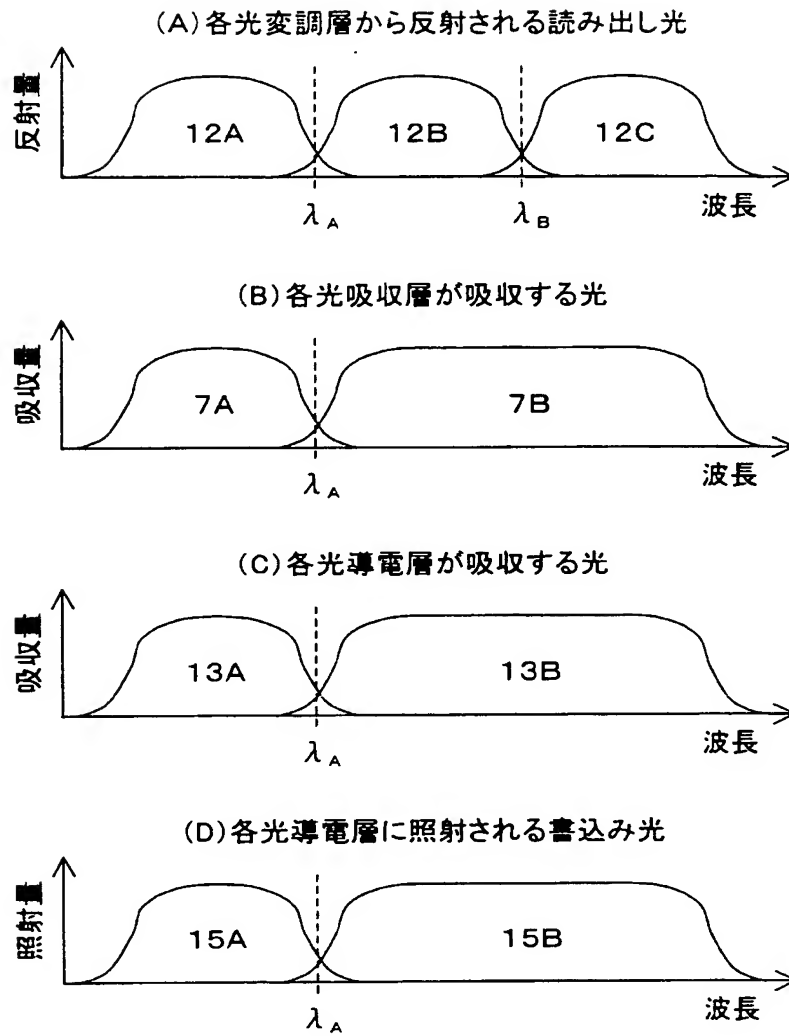


【図 29】

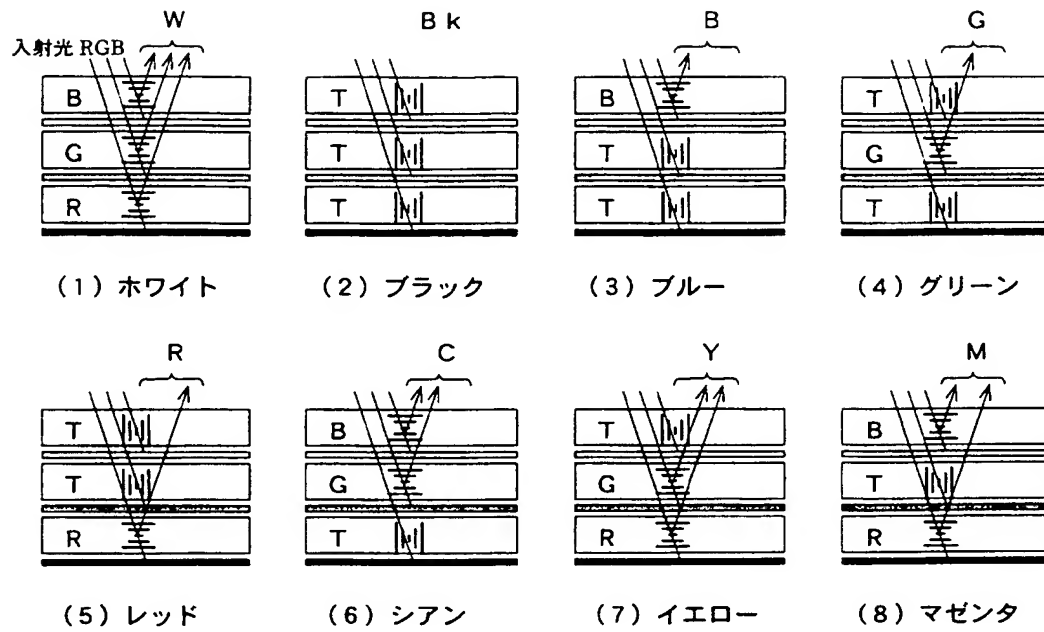
		リセット光量 P_r (バイアス電圧 $V_{rB} = V_{1B}$)	
		$P_{cB} (V_{cB})$	$P_{dB} (V_{dB})$
セレクト光量 P_{sB} (バイアス電圧 $V_{sB} = V_{2B}$)	$P_{aB} (V_{aB})$	●/○	○/○
	$P_{bB} (V_{bB})$	●/●	○/●

H層/L層

【図 30】

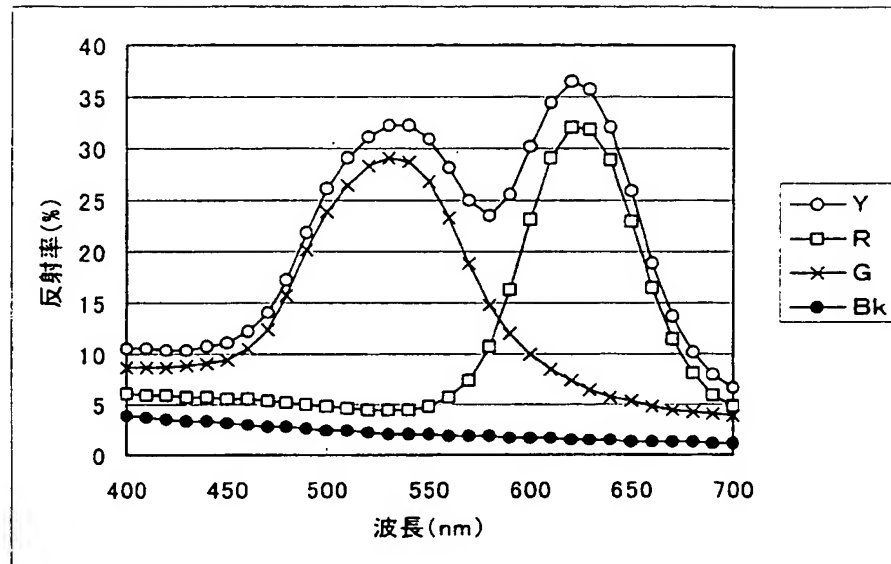


【図 3 1】

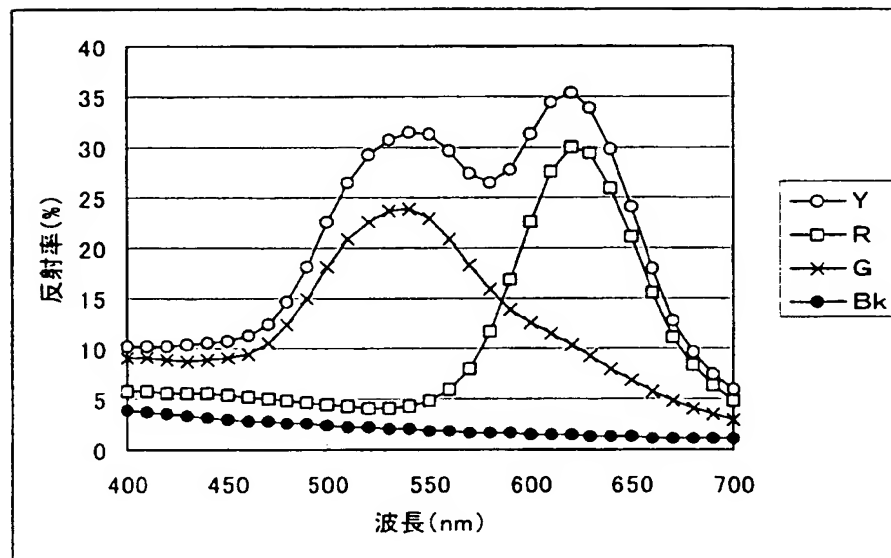


【図 3 2】

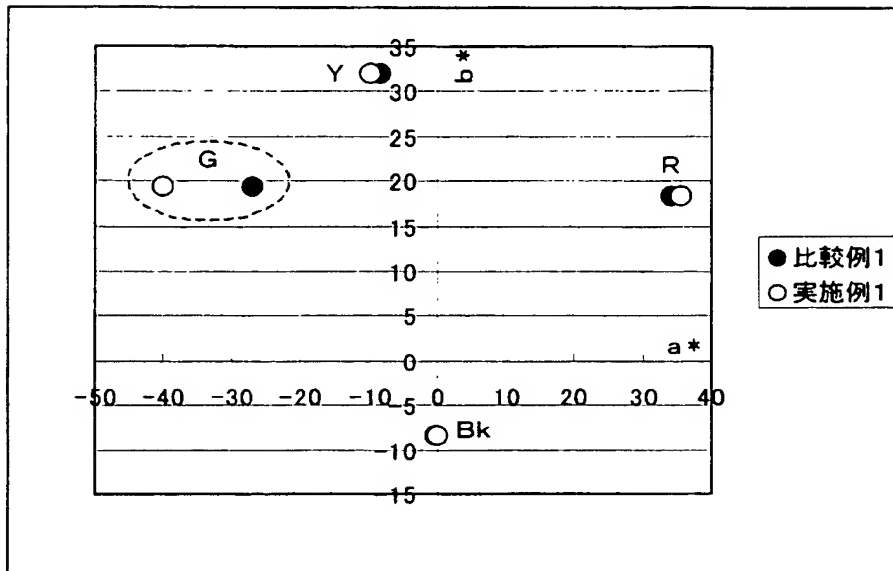
(A)



(B)



【図 33】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】動作マージンを規定する、光変調層個別のパラメータを最適化することにより表示のコントラストを高めることが可能な、光変調層が複数積層された光変調素子を有する光変調媒体および光変調方法を提供する。

【解決手段】一対の基板間 3, 4 に、所定の電界の印加により配向状態が変化するコレステリック液晶からなる複数の光変調層が積層された光変調素子 1 a を有する光変調媒体 1 であって、記光変調素子 1 a の第 1 の光変調層 8 A および第 2 の光変調層 8 B は、配向状態がプレーナからフォーカルコニックに遷移する個別の閾値電界相互の比が 0.3 以上であり、かつ配向状態がプレーナにおける個別の誘電率相互の比が 4 以上である。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 2 - 3 7 0 1 2 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 4 9 6]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 5 月 2 9 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂二丁目 1 7 番 2 2 号

氏 名

富士ゼロックス株式会社